

Falk Schwenzer

Lärmimmissionsprognose im Stadtgebiet Freiberg zur
Beurteilung von seltenen Ereignissen nach
Freizeitlärmrichtlinie

DIPLOMARBEIT

HOCHSCHULE MITTWEIDA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Fachbereich Mathematik, Physik, Informatik

Mittweida, 2009

Falk Schwenzer

Lärmimmissionsprognose im Stadtgebiet Freiberg zur
Beurteilung von seltenen Ereignissen nach
Freizeitlärmrichtlinie

eingereicht als

DIPLOMARBEIT

an der

HOCHSCHULE MITTWEIDA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Fachbereich Mathematik, Physik, Informatik

Mittweida, 2009

Erstprüfer: Prof. Dr. Jörn Hübelt
Zweitprüfer: Antje Liebernicket

Vorgelegte Arbeit wurde verteidigt am: 25.08.2009

Bibliografische Beschreibung:

Schwenzer, Falk:

Lärmimmissionsprognose im Stadtgebiet Freiberg zur Beurteilung von seltenen Ereignissen nach Freizeitlärmrichtlinie. - 2009. - 69 S. Mittweida, Hochschule Mittweida, Fachbereich Mathematik, Physik, Informatik, Diplomarbeit, 2009

Referat:

Untersuchungsgegenstand dieser Diplomarbeit ist die Prognostizierung und Beurteilung von Lärmimmissionen im Stadtgebiet von Freiberg. Dabei wird auf Freizeitveranstaltungen und der von ihnen ausgehenden Geräusche eingegangen.

Um die momentane Situation schalltechnisch erfassen zu können, werden in dieser Arbeit Ergebnisse aus Vor-Ort-Messungen, sowie Prognosen zur Beurteilung der gegenwärtigen Schallsituation zu Grunde gelegt. Die Lärmimmissionsmessungen der verschiedenen Veranstaltungen haben eine deutliche Überschreitung der zulässigen Grenzwerte zu den Beurteilungszeiten ergeben und konnten durch die berechneten Prognosen bestätigt werden. Anhand der Ergebnisse werden zahlreiche Lärmschutzmöglichkeiten aufgezeigt, die eine Einhaltung der Richtwerte für Lärm, verursacht von seltenen Ereignissen nach Freizeitlärmrichtlinie, gewährleisten.

Inhaltsverzeichnis

ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	IV
TABELLENVERZEICHNIS	V
ABKÜRZUNGEN / FORMELZEICHEN UND EINHEITEN	VIII
1. EINLEITUNG.....	1
2. SCHALLTECHNISCHE GRUNDLAGEN	1
2.1 Frequenzbewertung	1
2.2 Zeitliche Bewertung.....	3
2.3 Mittelungspegel	5
2.4 Schallausbreitung im Freien	5
2.4.1 Korrekturmaße.....	7
2.4.1.1 Richtwirkungskorrektur	7
2.4.1.2 Raumwinkelmaß	7
2.4.1.3 Richtwirkungsmaß	7
2.4.2 Einflüsse auf die Pegelabnahme	8
2.4.2.1 Abstandsmaß.....	8
2.4.2.2 Luftabsorption	8
2.4.2.3 Bodeneffekt	9
2.4.2.4 Abschirmwirkung	9
2.4.2.5 Reflexionen.....	11
2.4.2.6 Bewuchs	12
2.4.2.7 Bebauung	13
3. LÄRMIMMISSIONSPROGNOSESOFTWARE IMMI	14
3.1 Ausgangsdaten	14
3.2 Immissionsorte und Richtwerte	16
3.3 Immissionsprognosen für den Messeplatz	18
3.3.1 Nutzung für Konzerte.....	18
3.3.1.1 Berechnungsansatz	18
3.3.1.2 Zu erwartende Lärmimmissionen.....	19
3.3.1.3 Prognose tieffrequenter Geräusche.....	22
3.3.2 Nutzung als Rummelplatz.....	24
3.3.2.1 Berechnungsansatz	24
3.3.2.2 Zu erwartende Lärmimmissionen.....	25
3.3.2.3 Prognose tieffrequenter Geräusche.....	28
3.3.3 Nutzung für Zirkusgastspiele	29
3.3.3.1 Berechnungsansatz	29
3.3.3.2 Zu erwartende Lärmimmissionen.....	30
3.3.3.3 Prognose tieffrequenter Geräusche.....	33

4.	LÄRMIMMISSIONSMESSUNGEN UND WEITERE PROGNOSEN	34
4.1	Messgeräte	34
4.2	Messverfahren.....	34
4.3	Bewertung der Ergebnisse an Immissionsorten	35
4.4	Bühnenprogramm zu den Studententagen.....	36
4.4.1	Situationsbeschreibung	36
4.4.2	Messzeit	36
4.4.3	Messorte.....	37
4.4.4	Messbedingungen	37
4.4.5	Ergebnisse.....	37
4.4.6	Prognostizierung der Immissionen.....	39
4.4.7	Zusammenfassung	41
4.5	Musikveranstaltung Innenhof Schloss Freudenstein	43
4.5.1	Situationsbeschreibung	43
4.5.2	Messzeit	43
4.5.3	Messorte.....	43
4.5.4	Messbedingungen	44
4.5.5	Ergebnisse.....	44
4.5.6	Prognostizierung der Immissionen.....	46
4.5.7	Zusammenfassung	48
4.6	Bühnenprogramm „Nacht der Wissenschaft und Wirtschaft“	49
4.6.1	Situationsbeschreibung	49
4.6.2	Messzeit	49
4.6.3	Messorte.....	49
4.6.4	Messbedingungen	50
4.6.5	Ergebnisse.....	50
4.6.6	Prognostizierung der Immissionen.....	51
4.6.7	Prognose tieffrequenter Geräusche.....	53
4.6.8	Zusammenfassung	54
4.7	Bergstadtfest	56
4.7.1	Situationsbeschreibung	56
4.7.2	Messzeit	56
4.7.3	Messorte.....	56
4.7.4	Messbedingungen	56
4.7.5	Ergebnisse.....	56
4.8	Überblick der Ergebnisse aus den Messungen	57

5.	LÄRMSCHUTZMÖGLICHKEITEN	58
5.1	Verminderung der Immissionen.....	58
5.1.1	Schallschirme	58
5.1.2	Auswahl geeigneter Veranstaltungsorte	59
5.1.3	Limitierung der Veranstaltungsdauer und/oder Festlegung der Durchführungszeiten.....	60
5.1.4	Optimale Ausrichtung der Lautsprecher in Richtung Publikum	61
5.1.5	Einsatz von Lautsprechern mit hoher Richtcharakteristik	61
5.1.6	Auflagen für die Veranstalter	61
5.2	Begrenzung der Emissionen	62
5.2.1	Festlegung und Nachweis eines Maximalwertes für die Bühnenemissionen	62
5.2.2	Festlegung zur Position und Ausrichtung der Beschallungsanlage	62
5.2.3	Live-Überwachungen und Pegelermessungen.....	63
5.2.4	Einsatz von Pegelbegrenzern	63
5.3	Überblick der möglichen Lärmschutzmaßnahmen	64
6.	QUALITÄT DER ERGEBNISSE	65
7.	ZUSAMMENFASSUNG	68
8.	AUSBLICK.....	69
	ANLAGE 1: IMMISSIONSPEGEL MIT LÄRMSCHUTZMAßNAHMEN	X
	ANLAGE 2: SPEKTREN DES L_{EQ} ZU DEN VERANSTALTUNGEN.....	XVII
	ANLAGE 3: DOMINANT LAUTE FAHRGESCHÄFTE ZUM RUMMEL.....	XX
	LITERATURVERZEICHNIS	XXI
	SELBSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG	XXIII

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Filterkurven der A-, B-, C- und D-Bewertung nach /4/	3
Abbildung 2: Schalldruck-Quadrat-Zeit-Verlauf für die Bewertung "Slow", "Fast" und "Impuls" /4/	4
Abbildung 3: Luftdämpfungskoeffizient nach /17/ S.5.....	8
Abbildung 4: geometrische Größen zur Schirmwertbildung /17/.....	11
Abbildung 5: Spiegelreflexion an Hindernissen /17/	12
Abbildung 6: Lage der Immissionsorte /22/.....	17
Abbildung 7: Rasterlärmkarte Stadtgebiet Freiberg (Prognose Bühne Messeplatz). 20	
Abbildung 8: Rasterlärmkarte Stadtgebiet Freiberg (Prognose Rummel).....	26
Abbildung 9: Rasterlärmkarte Stadtgebiet Freiberg (Zirkusvorstellung)	31
Abbildung 10: gemittelter äquivalenter Dauerschallpegel vom Bühnenprogramm Mensavorplatz	38
Abbildung 11: Rasterlärmkarte Stadtgebiet Freiberg (reales Bühnenprogramm Mensavorplatz)	40
Abbildung 12: Rasterlärmkarte Stadtgebiet Freiberg (reale Lärmimmission Veranstaltung Schloss)	47
Abbildung 13: Rasterlärmkarte Stadtgebiet Freiberg (reale Lärmimmission Konzert).....	52
Abbildung 14: Umsetzung von Pegelbegrenzern nach DIN 15905-5 /19/.....	63
Abbildung 15: dominant lautes Fahrgeschäft zum Rummel am 26.06.09.....	XX
Abbildung 16: dominant lautes Fahrgeschäft zum Rummel am 26.06.09.....	XX

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bezugssystem.....	14
Tabelle 2: in der Software eingestellte Wetterbedingungen.....	15
Tabelle 3: Mittlere Oktav- Richtwirkungsmaße D_1 für Lautsprechercluster in dB /1/ .	15
Tabelle 4: Richtwerte an den Immissionsorten	16
Tabelle 5: festgelegte Immissionsorte	16
Tabelle 6: Spektrum-Korrekturwerte für das A-bewertete Spektrum der Bühnenemissionen	19
Tabelle 7: prognostizierte Lärmimmissionen an den einzelnen IOs durch eine Bühne	21
Tabelle 8: Ergebnisse der berechneten A- bzw. C- bewerteten Pegel an den Immissionsorten.....	23
Tabelle 9: Spektrum-Korrekturwerte für das A-bewertete Emissionsspektrum von Rummelplätzen/1/.....	25
Tabelle 10: prognostizierte Lärmimmissionen an den einzelnen Immissionsorten ...	27
Tabelle 11: Ergebnisse der berechneten A- bzw. C- bewerteten Pegel an den Immissionsorten	28
Tabelle 12: mittleres Richtwirkungsmaß für Zirkusse nach /1/(Abbildung 17)	30
Tabelle 13: Spektrum-Korrekturwerte für das A-bewertete Emissionsspektrum von Zirkussen /1/	30
Tabelle 14: prognostizierte Lärmimmissionen an den einzelnen Immissionsorten ...	32
Tabelle 15: Ergebnisse der berechneten A- bzw. C- bewerteten Pegel an den Immissionsorten	33
Tabelle 16: eingesetzte Messtechnik.....	34
Tabelle 17: Gesamtgeräuschsituation an den Messpunkten	38
Tabelle 18: Ergebnisse der berechneten Pegel mit Gauß-Krüger-Koordinaten & Immissionsrichtwerten	39
Tabelle 19: Vergleich der gemessenen Pegel mit den Immissionsrichtwerten	41
Tabelle 20: Vergleich der berechneten Pegel mit den Immissionsrichtwerten.....	42
Tabelle 21: Vergleich der gemessenen Pegel mit den Berechneten	43
Tabelle 22: Geräuschsituation an den Messpunkten.....	44
Tabelle 23: Ergebnisse der berechneten Pegel mit Gauß-Krüger-Koordinaten & Immissionsrichtwerten	46

Tabelle 24: Vergleich der berechneten Pegel mit den Immissionsrichtwerten	48
Tabelle 25: Vergleich der berechneten mit den gemessenen Pegeln.....	49
Tabelle 26: äquivalenter Dauerschallpegel und Taktmaximalmittelungspegel der Messungen	50
Tabelle 27: Ergebnisse der berechneten Pegel mit Gauß-Krüger-Koordinaten & Immissionsrichtwerten	51
Tabelle 28: Ergebnisse der berechneten A- bzw. C- bewerteten Pegel an den Immissionsorten	53
Tabelle 29: Vergleich der berechneten Pegel mit den ermittelten Beurteilungspegeln	54
Tabelle 30: Vergleich der berechneten Pegel mit den Immissionsrichtwerten.....	55
Tabelle 31: äquivalenter Dauerschallpegel und Taktmaximalmittelungspegel der Messungen	57
Tabelle 32: ermittelte Beurteilungspegel vom Rummel auf dem Messeplatz am 28.06.09.....	57
Tabelle 33: vorgefundene Einhaltung bzw. Überschreitung der Richtwerte	57
Tabelle 34: Lärmschutzmöglichkeiten für Ausschöpfung des IRW an den IOs zur Tageszeit & Ruhezeit	58
Tabelle 35: Lärmschutzmöglichkeiten zur Nutzung des Messeplatzes für einen Rummel	59
Tabelle 36: Lärmschutzmöglichkeiten für einen Rummel auf 10000m ²	59
Tabelle 37: maximal zulässige Zeitdauer der Beurteilungspegel bei überschrittenen Immissionsrichtwerten nach Gleichung (25) umgestellt nach T_i	60
Tabelle 38: zulässige Schalleistungspegel für eine Bühne auf dem Messeplatz für den jeweiligen Beurteilungszeitraum	61
Tabelle 39: Zusammenfassung der Lärmschutzkonzepte	64
Tabelle 40: Vergleich der Lärmimmissionen zu 2m erhöhten Gebäuden	66
Tabelle 41: Lärmimmissionen an den Immissionsorten für eine Bühne auf dem Messeplatz mit $L_{WA}=129\text{dB(A)}$ und Lärmschutzwall nach Tabelle 34.....	X
Tabelle 42: Lärmimmissionen an den Immissionsorten für eine Bühne auf dem Messeplatz mit $L_{WA}=123\text{dB(A)}$ ohne Lärmschutzwall nach Tabelle 34..	XI
Tabelle 43: Lärmimmissionen an den Immissionsorten für einen Rummel auf 7000m ² mit 7m hoher Gabionenwand	XII

Tabelle 44: Lärmimmissionen an den Immissionsorten für einen Rummel auf 10000m ² mit 7m hoher Gabionenwand und L _{WA} =104dB(A).....	XIII
Tabelle 45: Lärmimmissionen an den Immissionsorten für einen Rummel auf 7000m ² mit 8m hohem Erdwall.....	XIV
Tabelle 46: Lärmimmissionen an den Immissionsorten für einen Rummel auf 10000m ² mit 7m hoher mobiler Lärmschutzwand CISILENT und L _{WA} =104dB(A)	XV
Tabelle 47: Lärmimmissionen an den Immissionsorten für einen Rummel auf 10000m ² mit 5m hohem Erdwall und L _{WA} =104dB(A).....	XVI

Abkürzungen / Formelzeichen und Einheiten

Formelzeichen	Bedeutung	Einheit
L_{WA}	A-bewerteter Gesamtschallleistungspegel	dB
D_f^0	Oktavkorrekturwert, normiert	dB
A	Fläche	m ²
A_0	Bezugsfläche	m ²
r	Radius	m
r_0	Bezugsradius	m
$L_{V,min}$	Mindestversorgungspegel	dB
D_Ω, K_0	Raumwinkelmaß	dB
K_I	Zuschlag für Impulshaltigkeit	dB
N, n	Anzahl	1
L_{Aeq}	A-bewerteter energieäquivalenter Dauerschallpegel	dB
L_{AFTeq}	A-bewerteter 5-s-Taktmaximal-Mittelungspegel	dB
t_a	Außentemperatur	°C
L_r	Beurteilungspegel	dB
L_{Aeq}	A-bewerteter Impulsschallpegel	dB
T_i	Teilzeit i	s
$L_{Aeq,i}$	A-bewerteter Mittelungspegel während der Teilzeit T_i	dB
$K_{r,i}$	Zuschlag für Ton- und Informationshaltigkeit in der Teilzeit T_i	dB
$K_{I,i}$	Zuschlag für Impulshaltigkeit der Teilzeit T_i	dB
Δf	Durchlassbreite	Hz
f_0	obere Durchlassgrenze	Hz
f_u	untere Durchlassgrenze	Hz
f_m	Filter-Mittenfrequenz	Hz
$L(A)$	A-bewerteter Gesamtpegel	dB
$L(lin)$	Linearer Gesamtpegel	dB
Δ_n	Abschwächungsfaktor	dB
τ	Zeitkonstante	s
L_m	Mittelungspegel	dB
$L_{rT}(DW)$	äquivalenter Oktavband-Dauerschalldruckpegel unter Mitwindbedingungen	dB
A	Oktavbanddämpfung	dB
D_c	Richtwirkungskorrektur	dB
A_{div}	Abstandsmaß bzw. geometrische Ausbreitung	dB
A_{atm}	Dämpfung durch Luftabsorption	dB
A_{gr}	Dämpfung durch Bodeneffekt	dB
A_{bar}	Abschirmung	dB
A_{misc}	andere Dämpfungseffekte, wie Bewuchs & Bebauung	dB

A_f	A-Bewertung nach /DIN IEC 651/ S.8 des jeweiligen Oktavbandes	dB
D_l	Richtwirkungsmaß	dB
Γ	Richtwirkungsfaktor	1
p	Schalldruck	N/m^2
d	Abstand	m
α	Schalldämpfungskoeffizient	dB/m
G	Bodenfaktor	1
A_s	Dämpfung für den Quellbereich	dB
A_r	Dämpfung für den Aufpunkt	dB
A_m	Dämpfung für den Mittelbereich	dB
h_m	mittlere Höhe des Schallausbreitungsweges über Grund	m
λ	Wellenlänge	m
l_l, l_r	horizontale Abmessungen eines Schirmes senkrecht der Verbindungslinie Quelle-Empfänger	m
D_z	Abschirmmaß	dB
z	Schirmwert	m
K_{met}	Korrekturfaktor für meteorologische Effekte	1
e	Abstand zweier Beugungskanten bei Doppelbeugung	m
$d_{s,o}$	Abstand zwischen Quelle und dem Reflexionspunkt auf dem Hindernis	m
$d_{o,r}$	Abstand vom Reflexionspunkt zum Hindernis	m
β	Einfallswinkel	Radiant
l_{min}	kleinste Abmessung der reflektierenden Oberfläche	m
ρ	Schallreflexionsgrad	1
A_{fol}, D_D	Dämpfungsterm für Bewuchs	dB
α_D	Dämpfungskoeffizient für Bewuchs	dB/m
s_D	Teilweglänge des Schallstrahls im Bewuchs	m
A_{house}	Dämpfungsterm für Bebauung	dB
B	Bebauungsdichte entlang des Schallweges	1
d_b	Länge des Schallweges durch das bebaute Gebiet	m
P	Prozentsatz der Länge der Fassaden bezogen auf die Gesamtlänge der naheliegenden Straßen	1

Abkürzung	Bedeutung
IO	Immissionsort
MP	Messpunkt
IP	Immissionspunkt
IRW	Immissionsrichtwert
OG	Obergeschoss
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz

1. Einleitung

Freizeitlärm stellt in der heutigen Gesellschaft ein hohes Konfliktpotential dar. Zum Schutz der Bevölkerung vor unzumutbaren Belastungen durch Lärm gibt es nicht nur in Deutschland zahlreiche Regelungen, Normen und Anleitungen, in welchen Richtwerte für Lärmimmissionen festgelegt sind.

Viele Menschen haben allerdings ein ambivalentes Verhältnis zu denen von Freizeitveranstaltungen ausgehenden Geräuschen. Einige sehen dabei die zur Unterhaltung beitragende Musik als positiv an und sind daher tolerant, andere hingegen bezeichnen dies als störende Geräusche oder einfach nur als Lärm. Ähnlich ist die Situation bei den zuständigen lokalen Behörden. Für die Städte sind solche Veranstaltungen wünschenswert, da das Kulturangebot und somit die Attraktivität für die Einwohner und Besucher gesteigert wird. Die Bewohner der umliegenden, meist schutzbedürftigen Nachbarschaft sind jedoch teilweise schon gestresst durch das wachsende Angebot und gehen mit Klagen oder Beschwerden gegen die Veranstalter vor. Die Genehmigung von Freiluftveranstaltungen und ob diese für die immissionsschutzrechtlichen Gegebenheiten geeignet sind, haben dabei die zuständigen lokalen kommunalen Behörden zu entscheiden.

Möglichkeiten, die Situation in Einklang zu bringen, werden mit Hilfe der jeweiligen Freizeitlärmrichtlinie der Länder gegeben. Nach dieser sind Freizeitanlagen Einrichtungen nach § 3, Abs. 5, Nr. 1 und 3 BImSchG, welche für Personen zur Gestaltung ihrer Freizeit vorgesehen sind.

2. Schalltechnische Grundlagen

2.1 Frequenzbewertung

Für die messtechnische Erfassung oder in Prognoserechnungen, wird häufig auf Filterbänke mit ausreichender Auflösung zurückgegriffen. Bei dieser Art der Bewertung werden die einzelnen Frequenzanteile eines Schallereignisses durch einen bewertenden Filter unterschiedlich gewichtet. Das Ziel dieser Vorgehensweise ist die frequenzabhängige Wahrnehmung des menschlichen Gehörs zu berücksichtigen. Üblich sind Filter mit konstanter relativer Breite, deren Durchlassbreite $\Delta f = f_o - f_u$ proportional der Filter-Mittenfrequenz $f_m = \sqrt{f_o \cdot f_u}$ ist.

Nach DIN 45651 und 45652 sind die zu verwendenden Terz- und Oktavfilter durch

$$\text{Terzfilter: } f_0 = \sqrt[3]{2} f_u; f_m = \sqrt[6]{2} f_u; \Delta f = 0,26 f_u$$

$$\text{Oktavfilter: } f_0 = 2 f_u; f_m = \sqrt{2} f_u; \Delta f = f_u$$

festgelegt.

Bei den durchgeführten Messungen und Prognoserechnungen kamen sowohl Oktavfilter und daraus ermittelte Oktavpegel, als auch Einzahlwerte für die Vergleichbarkeit mit Richtwerten zur Anwendung, welche das ganze Frequenzband umfassen und nach den Gleichungen /4/:

Linearer (unbewerteter) Gesamtpegel:

$$L(\text{lin}) = 10 \log \left\{ \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_i}{10}} \right\} \text{dB} \quad (1)$$

bzw.

A-bewerteter Pegel:

$$L(A) = 10 \log \left\{ \sum_{i=1}^N 10^{\frac{(L_i - \Delta_n)}{10}} \right\} \text{dB}(A) \quad (2)$$

definiert sind.

Durch den Abschwächungsfaktor Δ_n wird das menschliche Gehörempfinden, tieffrequente und hochfrequente Schallanteile schwächer wahrzunehmen als solche mittlerer Frequenz bei 1kHz bei gleichem Pegel, berücksichtigt.

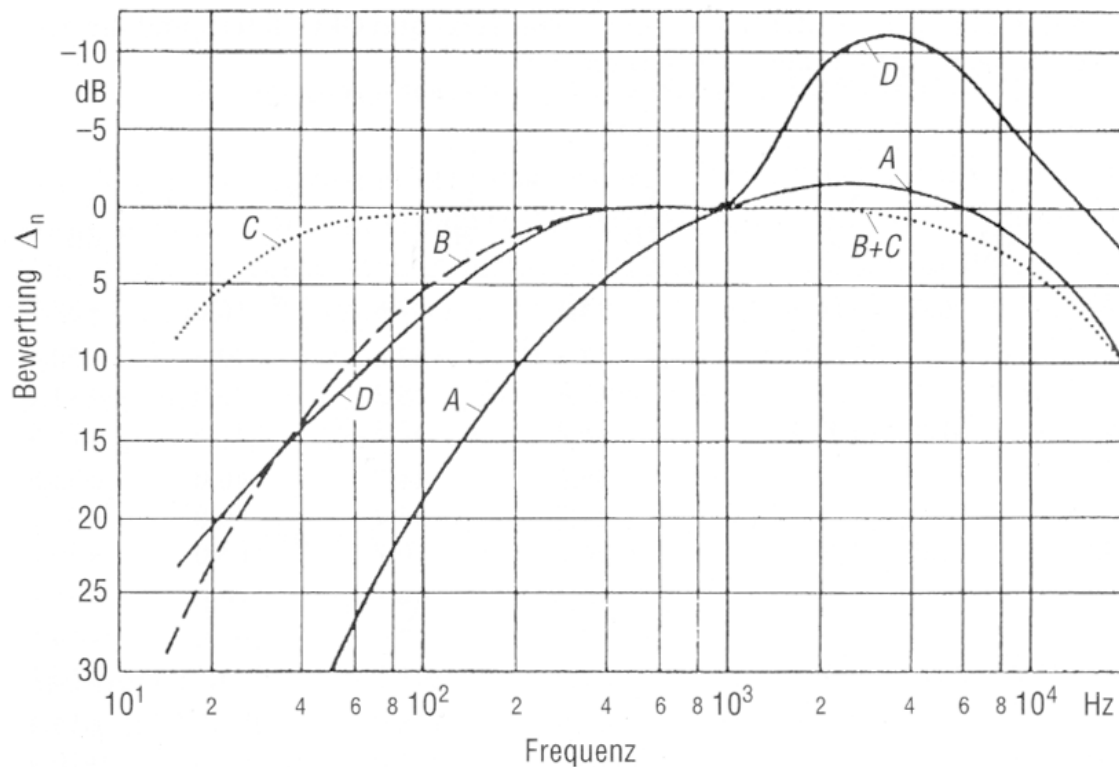


Abbildung 1: Filterkurven der A-, B-, C- und D-Bewertung /4/

Die sich daraus ergebende A-Kurve, aufgetragen über der Frequenz, stellt dennoch einen Kompromiss zwischen einfachen Messvorschriften, mit möglichst linearen Zusammenhängen und der komplexen, nicht linearen Sinneswahrnehmung hinsichtlich Lautstärke und Frequenzzusammensetzung dar. Für die Beurteilung besonderer Geräuschanteile im tieffrequenten Bereich ($<100\text{Hz}$) kommt hauptsächlich die C-Bewertung mit Werten für Δ_n zur Anwendung, die genau diese Frequenzanteile weniger abschwächen.

2.2 Zeitliche Bewertung

Mit Hilfe der zeitlichen Bewertung wird versucht die Anzeigegeschwindigkeit eines Schallpegelmessers an das Reaktionsvermögen des menschlichen Gehörs anzupassen. Im Messgerät wird dies über eine interne Trägheitsstufe realisiert. Zur Bewertung unterschiedlichster Signalarten sind drei Trägheitsstufen bzw. Zeitkonstanten festgelegt:

- (F)ast Die Zeitkonstante beträgt an beiden Flanken $\tau = 0,125s$.
Diese Einstellung wird zur Beschreibung von Geräuschen mit konstantem und zeitlich langsam veränderlichem Pegel am häufigsten eingesetzt. Außerdem ist sie zur Ermittlung des Taktmaximal-Pegels vorgeschrieben.
- S(low) Mit einer relativ langen Bewertung von $\tau = 1s$ wird die Anzeige sehr träge dargestellt und kann keine Pegelspitzen wiedergeben. Das Messergebnis ist dem Effektivwert angenähert und ergibt den gleichen Mittelungspegel wie die Zeitbewertung F. Die Anwendung beschränkt sich auf gleichmäßige impulsfreie Signale.
- I(mpuls) Bei dieser Bewertung wird die Anstiegsflanke mit $\tau = 0,035s$ zur gehörrichtigen Bewertung eines impulsartigen kurzen Geräusches definiert. Die Nachwirkung eines solchen Impulses im Gehirn verzögert die Wahrnehmung und wird mit einer Zeitkonstanten $\tau = 1,5s$ an der Abstiegsflanke berücksichtigt.

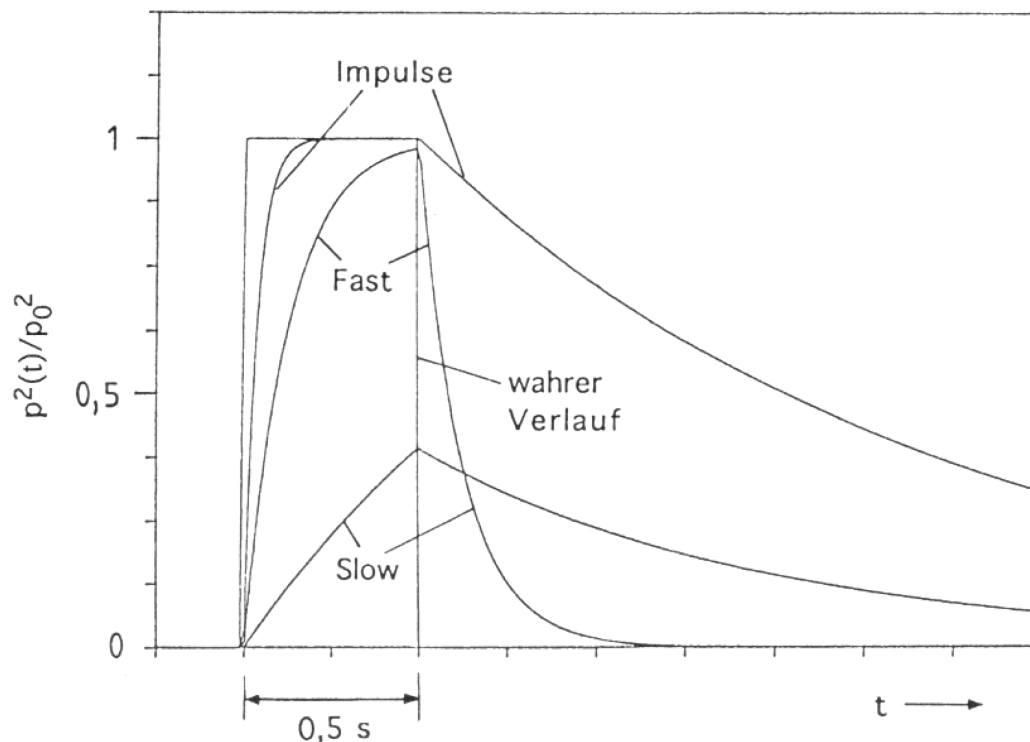


Abbildung 2: Schalldruck-Quadrat-Zeit-Verlauf für die Bewertung "Slow", "Fast" und "Impuls" /4/

2.3 Mittelungspegel

Bei der Beurteilung von zeitlich stark schwankenden Geräuschen wird oft der Mittelungspegel, auch energieäquivalenter Dauerschallpegel L_{eq} , als charakteristische Größe bestimmt /4/:

$$L_m = 10 \log \left\{ \frac{1}{T} \int_0^T 10^{\frac{L(t)}{10}} dt \right\} \text{dB} \quad (3)$$

Die Bezugszeit T ist hierbei anwendungsabhängig und muss nicht mit der Messzeit übereinstimmen.

Ein weiteres Verfahren zur gehörrichtigen Beschreibung von Schall mit veränderlichem Pegel ist neben der Messung mit der Zeitbewertung I , das Takt-Maximalpegel-Verfahren (nach /3/). Die Ermittlung erfolgt durch die Verwendung eines Zeittaktes von vorzugsweise 5s. Innerhalb dieser Takte wird der tatsächliche Pegelverlauf durch den hier vorherrschenden maximalen Pegel ersetzt. Die einzelnen Taktmaximalpegel werden dann für die Dauer der Einwirkung energetisch gemittelt und ergeben den Taktmaximalmittelungspegel L_{AFTeq} . Bewertungsgrundlage ist dabei die A-Kurve und die Zeitkonstante F .

2.4 Schallausbreitung im Freien

In der Schallschutzplanung sind heute Vorausberechnungen jeglicher Art von Anlagen hinsichtlich ihrer Schallimmissionen im Rahmen von Schallimmissionsprognosen üblich. In den Richtlinien VDI 2714 und DIN ISO 9613-2 sind dazu einheitliche Vorgaben festgelegt, wie der äquivalente Dauerschallpegel (Mittelungspegel), in einem bestimmten Abstand einer Punktschallquelle oder einer Menge von Punktquellen berechnet werden kann. Einzelschallquellen sind in ihren Abmessungen klein im Verhältnis zum Abstand vom Immissionsort.

Für die Vorausberechnung sind verschiedenste Parameter wie Schallleistungspegel der Quelle, Art der Umgebung, Bodeneigenschaften und Wetterbedingungen notwendig.

Im Folgenden werden die verschiedenen Einflüsse auf die Schallausbreitung innerhalb von Prognoserechnungen näher erläutert.

Der äquivalente Oktavband-Dauerschalldruckpegel unter Mitwindbedingungen ergibt sich für einen Immissionspunkt nach DIN ISO 9613-2 zu:

$$L_{fT}(DW) = L_W + D_C - A \quad (4)$$

dabei ist:

L_W	<i>Oktavbandschallleistungspegel der Quelle in dB</i>
D_C	<i>Richtwirkungskorrektur in dB</i>
A	<i>Summe der Oktavbanddämpfungsterme in dB</i>

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc} \quad (5)$$

Bedeutung der Dämpfungsterme:

A_{div}	<i>Abstandsmaß oder geometrische Ausbreitung</i>
A_{atm}	<i>Luftabsorption</i>
A_{gr}	<i>Bodeneffekt</i>
A_{bar}	<i>Abschirmung</i>
A_{misc}	<i>andere Dämpfungseffekte, wie Bewuchs & Bebauung</i>

Der A-bewertete äquivalente Dauerschalldruckpegel lässt sich für jedes Oktavband durch Summierung der zeitlich gemittelten Schalldruckquadrate aus den Gleichungen (4) und (5) wie folgt berechnen /17/:

$$L_{AT}(DW) = 10 \log \left\{ \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^n 10^{0,1[L_{fT}(ij) + A_f(j)]} \right] \right\} dB \quad (6)$$

n	<i>Anzahl der Schallquellen und Ausbreitungswege</i>
j	<i>jeweilige Oktavbandmittenfrequenz zwischen 63Hz-8kHz</i>
A_f	<i>A-Bewertung nach /18/ S.8 des jeweiligen Oktavbandes</i>

2.4.1 Korrekturmaße

2.4.1.1 Richtwirkungskorrektur

„Die Richtwirkungskorrektur in Dezibel, die beschreibt, um wie viel der von der Punktquelle erzeugte äquivalente Dauerschalldruckpegel in einer festgelegten Richtung von dem Pegel einer ungerichteten Punktschallquelle mit einem Schallleistungspegel L_W abweicht.“ /17/ S.4

D_c ergibt sich dabei aus der Summe des quellspezifischen Richtwirkungsmaßes D_I und dem geometrischen Richtwirkungsmaß D_Ω bei der Abstrahlung in einen nicht kugelförmigen Raum.

$$D_c = D_I + D_\Omega \quad (7) \quad \text{mit } D_\Omega = K_0$$

2.4.1.2 Raumwinkelmaß

Durch das Raumwinkelmaß wird die Lage einer Schallquelle relativ zu den umgebenden, reflektierenden Wänden berücksichtigt. Für eine Schallquelle, welche sich hoch über dem Boden befindet und somit in einen kugelförmigen Raum abstrahlt, beträgt das Raumwinkelmaß 4π .

Der Zusammenhang mit dem Raumwinkel wird wie folgt definiert /5/:

$$K_0 = 10 \log \left(\frac{4\pi}{\Omega} \right) \quad (8)$$

In der vorliegenden Arbeit ist $K_0 = 3\text{dB}$ für die Abstrahlung in einen Halbraum.

2.4.1.3 Richtwirkungsmaß

Mit dem Richtwirkungsmaß D_I (**D**irectivity **I**ndex) wird die Abstrahlrichtung der Quelle frequenzabhängig erfasst. Dabei wird angegeben, um wie viel Dezibel der Schalldruckpegel einer Quelle bei freier Ausbreitung zum Immissionsort höher ist als der einer ungerichteten Emissionsquelle mit gleichem Schallleistungspegel.

nach /7/:

$$D_I = 20 \log \Gamma \quad \text{mit} \quad \Gamma(\varphi, \vartheta) = \frac{p(s, \varphi, \vartheta)}{p(s, \varphi_0, \vartheta_0)} \quad (9)$$

Γ Richtwirkungsfaktor

p Schalldruck

2.4.2 Einflüsse auf die Pegelabnahme

2.4.2.1 Abstandsmaß

Das Abstandsmaß nach /17/ $A_{div} = 20 \log \left(\frac{d}{d_0} \right) + 11 \text{ dB} \quad (10)$

dient zur Berücksichtigung der geometrischen Dämpfung des Schalls im Freifeld ausgehend von einer ungerichteten Punktschallquelle. Die Schallausbreitung wird als ungehindert, verlustlos und in Form einer Kugelwelle angenommen.

2.4.2.2 Luftabsorption

Zur Erfassung der durch die Luft absorbierten Schallanteils über einen Abstand d ,

wird die Luftabsorption $A_{atm} = \frac{\alpha d}{1000} \quad (11)$

in Dezibel eingesetzt. Der Schalldämpfungskoeffizient α ist für die Werte 10°C, relative Luftfeuchte von 70% und Mitwindbedingungen in der folgenden Tabelle angegeben.

Temperatur	Rel. Feuchte	Luftdämpfungskoeffizient α , dB/km							
		Bandmittenfrequenz, Hz							
°C	%	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
10	70	0,1	0,4	1,0	1,9	3,7	9,7	32,8	117
20	70	0,1	0,3	1,1	2,8	5,0	9,0	22,9	76,6
30	70	0,1	0,3	1,0	3,1	7,4	12,7	23,1	59,3
15	20	0,3	0,6	1,2	2,7	8,2	28,2	88,8	202
15	50	0,1	0,5	1,2	2,2	4,2	10,8	36,2	129
15	80	0,1	0,3	1,1	2,4	4,1	8,3	23,7	82,8

Abbildung 3: Luftdämpfungskoeffizient nach /17/ S.5

2.4.2.3 Bodeneffekt

Während der Schallausbreitung im Freien über der Erde kommt es zu Überlagerungen der Schallstrahlen, welche vom Boden reflektiert werden und denen, die sich direkt zwischen Emissions- und Immissionsort ausbreiten. Dieser Effekt wird auch von meteorologischen Gegebenheiten beeinflusst, wie z.B. Wind. Für Mitwindbedingungen kann durch die Krümmung von Schallstrahlen zur Erde hin, eine Dämpfung größtenteils durch den Boden angenommen werden.

Nach /17/ ist für die akustischen Eigenschaften des Bodens der Bodenfaktor mit $G=0$ für harten Boden, $G=1$ für porösen Boden und $0 \leq G \leq 1$ für Mischboden angegeben. Dies ermöglicht eine Berechnung des Dämpfungsterms für jedes Oktavband nach:

$$A_{gr} = A_s + A_r + A_m \quad (12) \quad \text{mit: } A_s: \text{ Dämpfung für den Quellbereich}$$
$$A_r: \text{ Dämpfung für den Aufpunkt}$$
$$A_m: \text{ Dämpfung für den Mittelbereich}$$

Die einzelnen Summanden sind nach /17/ S.7 Tabelle 3 für jede Oktave zu bestimmen.

Die vereinfachte Berechnung mit A-Summenpegeln und einer Schallausbreitung über meist weichem Boden ($G > 0,5$), sowie das der Schall kein reiner Ton ist kann auch mit der folgenden Beziehung gerechnet werden /17/:

$$A_{gr} = 4,8 - \left(\frac{2 \cdot h_m}{d} \right) \cdot \left[10 + \left(\frac{300}{d} \right) \right] \text{ dB} \quad (13)$$

h_m mittlere Höhe des Schallausbreitungsweges über Grund in m

d Abstand zwischen Emissions- und Immissionsort in m

2.4.2.4 Abschirmwirkung

Auf die Abschirmwirkung durch Hindernisse wird in der Schallschutzplanung am häufigsten zurückgegriffen. Als geeignete konstruktive Maßnahmen werden meist Wände, Mauerwerke, Erdwälle oder auch Gebäude eingesetzt.

An einen solchen Schallschirm sind nach /17/ für eine Abschirmung die folgenden Voraussetzungen zu stellen:

- Flächenbezogene Masse $\leq 10 \text{ kg/m}^2$
- geschlossene Oberfläche
- $l_l + l_r > \lambda$ mit: λ Wellenlänge bei der Bandmittenfrequenz
 l_l, l_r horizontale Abmessungen des Schirmes senkrecht der Verbindungslinie Quelle-Empfänger

Die Pegelminderung durch Abschirmung wird als Einfügungsdämpfungsmaß A_{bar} bezeichnet. Die Berechnung erfolgt unter Mitwindbedingungen für zwei Varianten der Beugung des Schalls.

1. Beugung an der Oberkante eines Objektes:

$$A_{\text{bar}} = D_z - A_{\text{gr}} > 0$$

2. Beugung an einer senkrechten Kante des Objektes

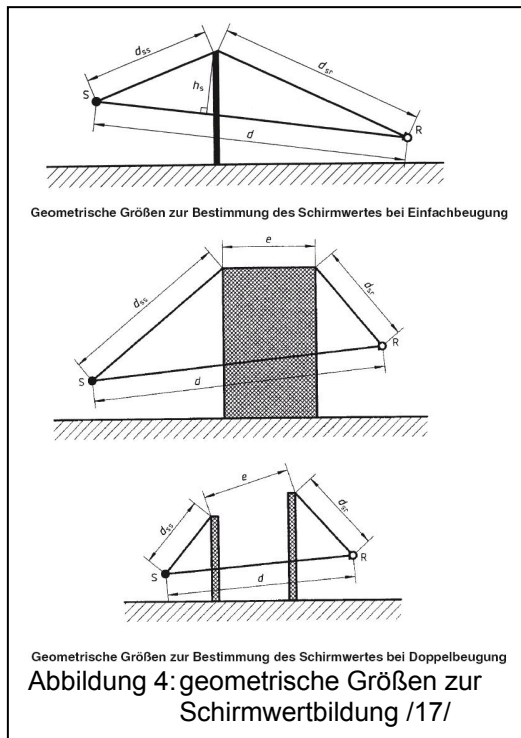
$$A_{\text{bar}} = D_z > 0$$

mit: D_z Abschirmmaß
 A_{gr} Bodendämpfung ohne abschirmendes Objekt

Das Abschirmmaß berechnet sich unter der Annahme, dass es nur einen Schallausbreitungsweg zwischen Quelle(S) und Empfänger(R) gibt wie folgt /17/:

$$D_z = 10 \log \left[3 + \left(\frac{C_2}{\lambda} \right) C_3 z K_{\text{met}} \right] \text{ dB} \quad (14)$$

Dabei ist: C_2 gleich 20 zur Berücksichtigung von Bodenreflexionen bzw. 40, wenn die Bodenreflexionen durch Spiegelschallquellen berücksichtigt
 $C_3 = 1$ für Einfachbeugung
 $= [1 + (5 \lambda / e)^2] / [1/3 + (5 \lambda / e)^2]$ für Doppelbeugung
 λ Wellenlänge in m
 z Differenz der Weglängen von direktem und gebeugtem Schall
 K_{met} Korrekturfaktor für meteorologische Effekte
 e Abstand zweier Beugungskanten bei Doppelbeugung



- Schirmwert z für einfache Beugung:

$$z = \left[(d_{ss} + d_{sr})^2 + a^2 \right]^{\frac{1}{2}} - d$$

d_{ss}, d_{sr} Abstände nach Abb.4 in m

d tatsächlicher Abstand Quelle(S) & Empfänger(R)

a Abstandskomponente zwischen S & R in m parallel zur Schirmkante

- z für Doppelbeugung:

$$z = \left[(d_{ss} + d_{sr} + e)^2 + a^2 \right]^{\frac{1}{2}} - d$$

Die Berechnung des meteorologischen Korrekturfaktors K_{met} berechnet sich nach /17/:

$$K_{met} = \exp \left[- \left(\frac{1}{2000} \right) \sqrt{\frac{d_{ss} d_{sr} d}{2z}} \right] \quad \text{für } z > 0$$

$$K_{met} = 1 \quad \text{für } z \leq 0$$

Existieren mehrere signifikante Schallausbreitungswege zwischen Quelle und Empfänger, so sind diese getrennt zu berechnen und die einzelnen Beträge dem Schalldruckquadrat am Aufpunkt zu addieren.

2.4.2.5 Reflexionen

Nach /17/ werden Reflexionen als Spiegelschallquellen betrachtet. Diese werden wie getrennte Schallquellen behandelt. Die Berechnungen gelten nur für Hindernisse wie Gebäudefassaden oder andere mehr oder weniger senkrechte Flächen.

Zu berechnen sind die Reflexionen für alle Oktavbänder mit den folgenden Bedingungen:

- die Reflexion erfolgt wie in Abbildung 5
- Betrag des Schallreflexionsgrades der Fläche ist größer als 0,2
- Wellenlänge λ bei der Nenn-Oktavmittenfrequenz ist:

$$\frac{1}{\lambda} > \left[\left(\frac{2}{l_{\min} \cos \beta} \right)^2 \cdot \left(\frac{d_{s,o} d_{o,r}}{d_{s,o} + d_{o,r}} \right) \right]$$

λ Wellenlänge in m bei der Oktavbandmittenfrequenz

$d_{s,o}$ Abstand zwischen Quelle und dem Reflexionspunkt auf dem Hindernis in m

$d_{o,r}$ Abstand vom Reflexionspunkt zum Hindernis in m

β Einfallswinkel in Radiant

l_{\min} kleinste Abmessung der reflektierenden Oberfläche in Bild 5

Reflexionen können vernachlässigt werden, wenn eine der Bedingungen für ein Oktavband nicht zutrifft.

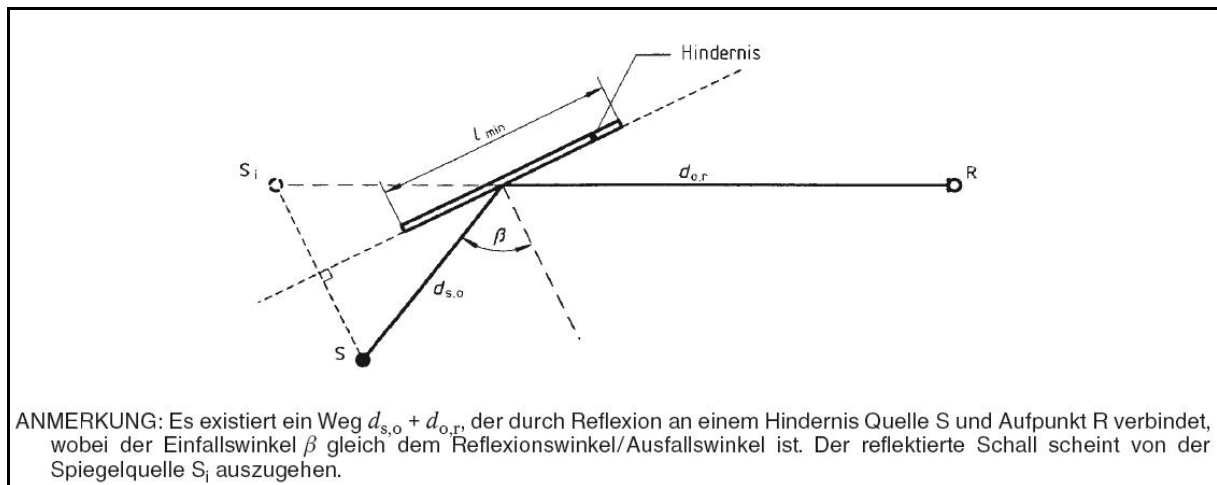


Abbildung 5: Spiegelreflexion an Hindernissen /17/

Der Schallleistungspegel der Spiegelschallquelle berechnet sich nach /17/:

$$L_{W,\min} = L_W + 10 \log(\rho) \text{ dB} + D_{Ir} \quad (15)$$

ρ Schallreflexionsgrad

D_{Ir} Richtwirkungsmaß der Quelle in Richtung des Spiegelempfängers

2.4.2.6 Bewuchs

Befindet sich zwischen Emissionsquelle und Empfangsort Bewuchs in Form von Wald oder höherem Buschwerk entstehen zusätzliche Pegelminderungen durch

Streuung und Absorption an Ästen, Stämmen und Blättern. Dieser Einfluss wird proportional der Länge des Schallweges durch den Bewuchs mit:

$$A_{fol} = D_D = \alpha_D s_D \quad (16) \quad \begin{array}{ll} \alpha_D & \text{Dämpfungskoeffizient für Bewuchs in dB/m} \\ s_D & \text{Teilweglänge des Schallstrahls im Bewuchs in m} \end{array}$$

$$\alpha_D = 0,006 \left(\frac{f}{\text{Hz}} \right)^{\frac{1}{3}} \text{ dB / m} \quad \text{nach /5/ berechnet.}$$

Die Dämpfung durch Bewuchs wird im Term für zusätzliche Dämpfung A_{misc} mit weiteren Dämpfungsarten wie Bebauung aufsummiert.

2.4.2.7 Bebauung

In bebautem Gebiet, wo sich nahe oder zwischen Schallquelle und Empfangsort Gebäude befinden, tritt eine Dämpfung durch die Häuser auf. Die Dämpfung wird hier durch die Abschirmung und Reflexionen eines jeden Gebäudes bestimmt. Näherungsweise kann das Dämpfungsmaß A_{house} , welches 10dB nicht überschreiten soll, folgendermaßen abgeschätzt werden /17/:

$$A_{\text{house}} = A_{\text{house},1} + A_{\text{house},2} \quad (17)$$

mit:

$$A_{\text{house},1} = 0,1 B d_b \quad \begin{array}{ll} B & \text{Bebauungsdichte entlang des} \\ & \text{Schallweges (Gesamtgrundfläche der Häuser} \\ & \text{geteilt durch Baugrundfläche)} \\ d_b & \text{Länge des Schallweges durch das bebaute} \\ & \text{Gebiet in m und nach dem Verfahren in} \\ & \text{/17/ S.13} \end{array}$$

Für definierte Häuserreihen, beispielsweise einer Straße, kann der zweite Term $A_{\text{house},2}$ einbezogen werden.

$$A_{house,2} = -10 \log \left[1 - \left(\frac{p}{100} \right) \right]$$

p *Prozentsatz der Länge der Fassaden bezogen auf die Gesamtlänge der naheliegenden Straßen*

3. Lärmimmissionsprognosesoftware IMMI

Die durchgeführten Berechnungen zur Schallausbreitung und Prognostizierung der Immissionspegel sind mit der PC-Software IMMI, Version 5.1. von der Firma WÖLFEL Meßsysteme Software GmbH + Co. KG, Höchberg umgesetzt worden.

Das Programm berücksichtigte bei der Lärmausbreitungsrechnung die Normen DIN 18005, VDI 2714, VDI 2720-1, DIN ISO 9613-2, sowie die Beurteilungsvorschriften 18.BImSchV bzw. LAI Freizeitlärmrichtlinie.

3.1 Ausgangsdaten

Zur Digitalisierung des Geländemodells im Bereich des Stadtgebietes von Freiberg ist folgendes digitales Kartenmaterial /20/ zur Verfügung gestellt und in die Software importiert worden:

- Ausschnitt aus der Topographischen Karte 1:10000
- Blattnummer: 5045-no 5045-so 5046-no 5046-nw 5046-so 5046-sw 5145-no 5146-no 5146-nw

Tabelle 1: Bezugssystem

Lage	Höhe	Bezugspunkt
Gauss-Krüger-Koordinaten im 3-Grad Meridianstreifensystem Bessel, Mittelmeridian 12 Grad östlich Greenwich	Normalhöhen (HN)	Höhennormal Kronstädter Pegel Differenz zu Normalnull: (NN, Amsterdamer Pegel) ca. + 0,1 m (NN = HN + 0,1 m)

- Datenformat: PCX
- Auflösung: 200 Linien/cm
- Pixelgröße in der Karte: 0.05 mm * 0.05 mm
in der Natur: 0.50 m * 0.50 m

Zur korrekten Positionierung der Gebäude, Straßen, Hausnummern und Bezeichnungen wurden zwei dxf-Dateien /21/ mit genauen Lageparametern importiert.

Für die Berechnung der Gebäudehöhen sind Angaben zu Geschossigkeiten für den Bereich Altstadt teilweise vom Stadtentwicklungsamt Freiberg zur Verfügung gestellt worden. Fehlende Angaben wurden durch Besichtigung vor Ort ergänzt. Dazu gehörten hauptsächlich alle Gebäude auf dem Campus der TU Bergakademie und der Umgebung.

Tabelle 2: in der Software eingestellte Wetterbedingungen

Mitwind-Wetterlage	Mittlere Temperatur	Relative Feuchte
Ja	10°C	70%

Für die Berechnung der Emissionsquellen sind für alle betrachteten Freiluftbühnen die Richtwirkungsmaße nach folgender Tabelle berücksichtigt worden:

Tabelle 3: Mittlere Oktav- Richtwirkungsmaße D_i für Lautsprechercluster in dB /1/

Winkel	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
0°	0	0	0	0	0	0	0	0
45°	0	-3	-5	-5	-5	-5	-7	-7
90°	0	-5	-8	-10	-15	-15	-20	-23
135°	0	-6	-11	-17	-18	-18	-29	-34
180°	0	-5	-8	-15	-21	-21	-30	-34

Des Weiteren wurde für jedes berechnete Konzert ein Raumwinkelmaß von $K_0=3\text{dB}$ eingesetzt.

Die erstellten Rasterlärnkarten sind mit einer Schrittweite von 5m und einer relativen Höhe von 4m berechnet. Eine Ausnahme bildet die Lärmkarte für den Rummel, welche eine Schrittweite von 20m aufweist. Die Farbskala zur Visualisierung der Lärmimmissionen ist nach DIN 18005 gestaltet.

3.2 Immissionsorte und Richtwerte

Die Immissionsorte wurden anhand von eingegangenen Beschwerden vom Ordnungsamt Freiberg festgelegt. Als Immissionsrichtwerte gelten für alle Immissionsorte, unabhängig von der jeweiligen Gebietsnutzung, die Richtwerte für seltene Ereignisse nach Freizeitlärmrichtlinie. Grundlage für diese Beurteilung ist eine Begrenzung der Anzahl von Veranstaltungen auf maximal 10 Tage und Nächte, sowie keine Veranstaltungen an mehr als zwei aufeinander folgenden Wochenenden eines Kalenderjahres durchzuführen.

Tabelle 4: Richtwerte an den Immissionsorten

Zeitraum	maximal zulässiger Immissionsrichtwert	Bezugszeitraum an Werktagen	Bezugszeitraum an Sonn- und Feiertagen
tags außerhalb der Ruhezeit	70 dB (A)	08.00 Uhr - 20.00 Uhr	09.00 Uhr - 13.00 Uhr, 15.00 Uhr - 20.00 Uhr
tags innerhalb der Ruhezeit	65 dB (A)	06.00 Uhr - 08.00 Uhr, 20.00 Uhr - 22.00 Uhr	07.00 Uhr - 09.00 Uhr, 13.00 Uhr - 15.00 Uhr, 20.00 Uhr - 22.00 Uhr
nachts	55 dB (A)	22.00 Uhr - 06.00 Uhr	22.00 Uhr - 07.00 Uhr

Tabelle 5: festgelegte Immissionsorte

Immissionsort	Immissionsrichtwerte nach Freizeitlärmrichtlinie und TA Lärm		
	Tageszeit	Ruhezeit tagsüber	Nachtzeit
Winklerstraße 22 (IO1)	70 dB(A)	65 dB(A)	55 dB(A)
Winklerstraße 20 (IO2)			
Ledeburstraße 6 (IO3)			
Leipziger Str.17 (IO4)			
Leipziger Str.18 (IO5)			
Weisbachstraße11(IO6)			
Hornmühlenweg 7 (IO7)			
Merbachstraße 7 (IO8)			
Münzbachtal 24 (IO9)			
Münzbachtal 26 (IO10)			
Agricolastraße 5 (IO11)			

Als maßgebliche Immissionsorte nach TA Lärm sind die Winklerstraße 20, der Hornmühlenweg 7 und die Ledeburstraße 6 zu sehen.

Nach Freizeitlärmrichtlinie gilt ein Immissionsrichtwert auch dann als überschritten, wenn einzelne Pegelspitzen den Immissionsrichtwert am Tage um mehr als 20 dB(A) und in der Nachtzeit um mehr 10 dB(A) überschreiten.

Die Lage der Immissionsorte im Stadtgebiet von Freiberg ist aus dem folgenden Satellitenbild ersichtlich:



Abbildung 6: Lage der Immissionsorte /22/

3.3 Immissionsprognosen für den Messeplatz

Nach Angaben des Ordnungsamtes Freiberg ist die Nutzung für Veranstaltungen wie Freiluftkonzerte, Rummel und Zirkusse auf dem Messeplatz zu überprüfen. Die folgenden Berechnungen zeigen die prognostizierten Lärmimmissionen an definierten Immissionsorten und für das Stadtgebiet für 3 verschiedene Nutzungsmöglichkeiten.

3.3.1 Nutzung für Konzerte

3.3.1.1 Berechnungsansatz

Berechnungsgrundlage für den Schallleistungspegel der Beschallungsanlage, mit der die Prognoserechnung durchgeführt wurde, ist der Ansatz gemäß /1/ (S.14) mit Hilfe der zu beschallenden Fläche nach der Gleichung:

$$L_{WA} = L_{V,min} + 10dB + 10 \log \left(\frac{A}{A_0} \right) dB \quad (18)$$

mit: L_{WA} : *A-bewerteter energieäquivalenter Gesamt-Schallleistungspegel*

A : *zu beschallende Fläche in m^2 , $7000m^2$ /11/ für den Messeplatz*

A_0 : *Bezugsfläche $1m^2$*

$L_{V,min}$ *Mindestversorgungspegel in $dB(A)$, für Großbühnen $89dB(A)$*

Danach ergibt sich ein Schallleistungspegel von 137,5 dB(A) für die prognostizierte zentral eingesetzte Musikanlage auf dem Messeplatz. Als weitere Emissionsparameter für die Geräuschquelle wurde eine relative Höhe der Boxen von 3m angenommen, der Impulszuschlag K_1 mit 4dB (nach /1/ S.17) berücksichtigt und die Bühne mit einer Abstrahlrichtung nach Nord-Osten realisiert. Die Position der Geräuschquelle ist der des durchgeführten Konzertes am 20.6.09 nachempfunden.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Spektrum-Korrekturwerte für Rock-Pop-Bühnen, welche zur Prognose berücksichtigt wurden:

Tabelle 6: Spektrum-Korrekturwerte für das A-bewertete Spektrum der Bühnenemissionen, bezogen auf den A-bewerteten energieäquivalenten Summenpegel für Rock-/Popmusik /1/

Frequenz	31 Hz	63,5 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
$D_f^0[O]/dB$	-45,3	-21,2	-18,1	-11,1	-5,6	-4,3	-7,2	-12,6	-21,5

3.3.1.2 Zu erwartende Lärmimmissionen

Im Stadtgebiet werden die Geräuschimmissionen anhand der nachstehenden Rasterlärmkarte visualisiert.

Lärmimmissionen verursacht von einer Bühne auf dem Messeplatz

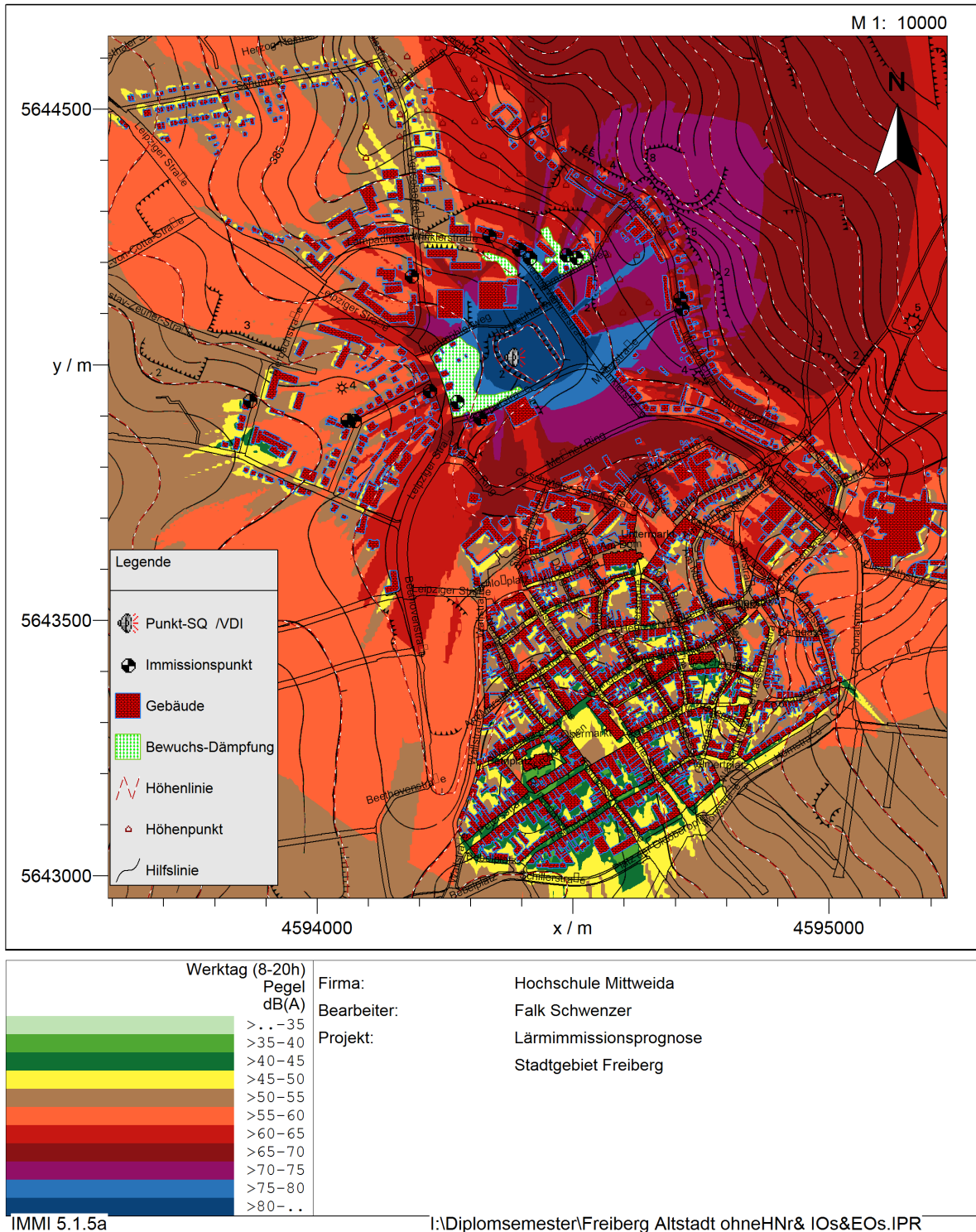


Abbildung 7: Rasterlärkarte Stadtgebiet Freiberg (Prognose Bühne Messeplatz)

An den einzelnen Immissionsorten sind entsprechend der Prognose, die in der folgenden Tabelle zusammengefassten Schallpegel zu erwarten:

Tabelle 7: prognostizierte Lärmimmissionen an den einzelnen IOs durch eine Bühne

Immissionspunkt	x [m]	y [m]	z [m]	Ges- Peg. [dB(A)]	Tageszeit IRW [dB(A)]	Ruhezeit IRW [dB(A)]	Nachtzeit IRW [dB(A)]
Winklerstraße 22 OG1	4594335,7	5644252,7	387,47	62,9	70	65	55
Winklerstraße 22 OG2	4594335,7	5644252,7	390,47	64,6	70	65	55
Winklerstraße 20 OG1	4594394,29	5644226,42	387,45	71,6	70	65	55
Winklerstraße 20 OG2	4594394,29	5644226,42	390,45	72,4	70	65	55
Ledeburstraße 6 OG1	4594317,78	5643896,68	393,92	71	70	65	55
Ledeburstraße 6 OG2	4594317,78	5643896,68	397,52	72,7	70	65	55
Leipziger Str.17 OG1	4594219,8	5643949,97	398,41	64,1	70	65	55
Leipziger Str.17 OG2	4594219,8	5643949,97	401,91	67,9	70	65	55
Leipziger Str.18 OG1	4594272,79	5643928,62	396,65	70,7	70	65	55
Leipziger Str.18 OG2	4594272,79	5643928,62	400,15	73,3	70	65	55
Weisbachstraße11 OG1	4594058,79	5643891,73	403,24	51,4	70	65	55
Weisbachstraße11 OG2	4594058,79	5643891,73	406,74	54,4	70	65	55
Hornmühlenweg 7 OG1	4594486,37	5644215,36	385,03	77,6	70	65	55
Hornmühlenweg 7 OG2	4594486,37	5644215,36	388,53	77,9	70	65	55
Merbachstraße 7 OG1	4593867,93	5643930,38	405,3	53	70	65	55
Merbachstraße 7 OG3	4593867,93	5643930,38	412,3	57,8	70	65	55
Münzbachtal 24 OG1	4594712,48	5644110,84	381,39	73,7	70	65	55
Münzbachtal 24 OG2	4594712,48	5644110,84	384,89	74,2	70	65	55
Münzbachtal 26 OG1	4594709,4	5644131,24	380,51	67,8	70	65	55
Münzbachtal 26 OG2	4594709,4	5644131,24	383,51	71,6	70	65	55
Agricolastraße 5 OG1	4594184,02	5644173,99	392,19	59,4	70	65	55
Agricolastraße 5 OG2	4594184,02	5644173,99	396,19	61,5	70	65	55

Deutliche Überschreitungen der Immissionsrichtwerte zu jeder Beurteilungszeit sind an den Immissionsorten Winklerstraße 20, Ledeburstraße 6, Leipziger Str.18, Hornmühlenweg 7, Münzbachtal 24 & 26 zu erwarten.

Diese rein theoretischen Werte stellen eine äußerst ungünstige Lärmsituation auf Grund großflächiger Überschreitung der Grenzwerte dar. Im Abschnitt „Lärmimmissionsmessungen und weitere Prognosen“ konnte eine reale Konzertveranstaltung gemessen werden, aus welcher deutlich geringere Pegel zu entnehmen sind.

3.3.1.3 Prognose tieffrequenter Geräusche

Zur Prognose tieffrequenter Geräusche ist nach /1/ die Differenz aus C- und A-bewerteten Summenpegel zu bilden. Beträgt das Ergebnis annähernd 20dB oder mehr, können schädliche Umwelteinwirkungen durch tiefe Frequenzen auch innerhalb geschlossener Räume nicht ausgeschlossen werden.

Die Berechnung der C-bewerteten Pegel für das korrigierte Emissionsspektrum für die betrachteten Anlagen erfolgte nach:

$$L_C[O] = L_{WA} - A[O] + C[O] \quad \text{für jede Oktave von 31,5Hz - 8000Hz.} \quad (19)$$

A[O]: A-Korrektur (Oktavbänder) nach /18/

C[O]: C-Korrektur (Oktavbänder) nach /18/

L_{WA}: Schallleistungspegel

Aus der Ermittlung der Differenz C- und A-bewerteter Pegel sind schädliche Umwelteinwirkungen durch tieffrequente Geräusche an den Immissionsorten Winklerstraße 22, Ledeburstraße 6, Leipziger Str.17, Weisbachstraße 11, Merbachstraße 7 und Agricolastraße 5 zu erwarten.

Tabelle 8: Ergebnisse der berechneten A- bzw. C- bewerteten Pegel an den Immissionsorten

Immissionspunkt	x [m]	y [m]	z [m]	Ges- Peg. [dB(A)]	Ges- Peg. [dB(C)]	Differenz C-A [dB]
Winklerstraße 22 OG1	4594335,7	5644252,7	387,47	62,9	82,7	19,8
Winklerstraße 22 OG2	4594335,7	5644252,7	390,47	64,6	83,6	19
Winklerstraße 20 OG1	4594394,29	5644226,42	387,45	71,6	86,3	14,7
Winklerstraße 20 OG2	4594394,29	5644226,42	390,45	72,4	87,1	14,7
Ledeburstraße 6 OG1	4594317,78	5643896,68	393,92	71	90,5	19,5
Ledeburstraße 6 OG2	4594317,78	5643896,68	397,52	72,7	91,6	18,9
Leipziger Str.17 OG1	4594219,8	5643949,97	398,41	64,1	86,7	22,6
Leipziger Str.17 OG2	4594219,8	5643949,97	401,91	67,9	88,7	20,8
Leipziger Str.18 OG1	4594272,79	5643928,62	396,65	70,7	90,1	19,4
Leipziger Str.18 OG2	4594272,79	5643928,62	400,15	73,3	91,6	18,3
Weisbachstraße11 OG1	4594058,79	5643891,73	403,24	51,4	75,1	23,7
Weisbachstraße11 OG2	4594058,79	5643891,73	406,74	54,4	77,9	23,5
Hornmühlenweg 7 OG1	4594486,37	5644215,36	385,03	77,6	87,1	9,5
Hornmühlenweg 7 OG2	4594486,37	5644215,36	388,53	77,9	87,4	9,5
Merbachstraße 7 OG1	4593867,93	5643930,38	405,3	53	76,1	23,1
Merbachstraße 7 OG3	4593867,93	5643930,38	412,3	57,8	78,8	21
Münzbachtal 24 OG1	4594712,48	5644110,84	381,39	73,7	84,3	10,6
Münzbachtal 24 OG2	4594712,48	5644110,84	384,89	74,2	84,5	10,3
Münzbachtal 26 OG1	4594709,4	5644131,24	380,51	67,8	82,2	14,4
Münzbachtal 26 OG2	4594709,4	5644131,24	383,51	71,6	83,4	11,8
Agricolastraße 5 OG1	4594184,02	5644173,99	392,19	59,4	81,8	22,4
Agricolastraße 5 OG2	4594184,02	5644173,99	396,19	61,5	83,1	21,6

3.3.2 Nutzung als Rummelplatz

3.3.2.1 Berechnungsansatz

Die Prognoserechnung für die Lärmimmissionen erfolgte für diese Variante durch zwei verschiedene Berechnungsansätze für die Ermittlung des Gesamtschallleistungspegels.

Ausgangsformeln nach /1/ (S.26 & 27):

$$L_{WA} = 71dB(A) + 10 \cdot \log\left(\frac{A}{A_0}\right)dB \quad (20)$$

L_{WA} : *A-bewerteter energieäquivalenter Gesamt-Schallleistungspegel eines Rummelplatzes*

$71dB(A)$: *flächenbezogener Schallleistungspegel der Schaustellerfläche; $\sigma=2,9dB$*

A : *für Fahrgeschäfte genutzte „effektive“ Fläche in m^2*

A_0 : *Bezugsfläche von $1m^2$*

Der so ermittelte Schallleistungspegel ergab 111dB(A). Als Grundfläche, die für Fahrgeschäfte effektiv genutzt wird, sind 10000m² angesetzt. Diese Fläche ist von den realen Bedingungen des Rummels zum 24. Bergstadtfest abgeleitet.

$$L_{WA} = 104dB(A) + 10 \cdot \log(N)dB \quad (21)$$

L_{WA} : *A-bewerteter energieäquivalenter Gesamt-Schallleistungspegel eines Rummelplatzes*

$104dB(A)$: *mittlerer effektiver Schallleistungspegel der dominanten Fahrgeschäfte*

N : *Anzahl der dominant lauten Fahrgeschäfte*

Für diesen Ansatz ergibt sich ein geringfügig höherer Wert von 112dB(A). Die Anzahl der „dominant lauten“ Fahrgeschäfte konnte vor Ort vom Rummel am 26.06.09 bestimmt werden. Dominant laut empfundene Anlagen waren ein Autoskooter, 2 Berg- und Tal-Karusselle, ein Riesenrad und 2 weitere Fahrgeschäfte sind in Anlage 3 dokumentiert.

Die berechneten Lärmimmissionsprognosen sind nach /1/(S. 27) für den höheren Pegel durchzuführen und nachfolgend dargestellt. Als Eingabeparameter sind die Impulshaltigkeit mit $K_1=4\text{dB}$ und das Raumwinkelmaß mit $K_0=3\text{dB}$ nach /1/(S.28), sowie die in der folgenden Tabelle enthaltenen Spektrum-Korrekturwerte definiert und in der generierten Flächenschallquelle für den Rummelplatz eingebunden.

Tabelle 9: Spektrum-Korrekturwerte für das A-bewertete Emissionsspektrum von Rummelplätzen, bezogen auf den A-bewerteten energieäquivalenten Summenpegel /1/

Frequenz	31 Hz	63,5 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
$D_f^0[O]/\text{dB}$	-40,4	-16,1	-9,1	-7,4	-6,5	-6,0	-8,7	-13,9	-17,8

3.3.2.2 Zu erwartende Lärmimmissionen

Im Stadtgebiet werden die Geräuschimmissionen, verursacht durch einen Rummel auf dem Messeplatz, anhand der nachstehenden Rasterlärmkarte verdeutlicht.

Lärmimmissionen durch einen Rummel auf dem Messeplatz und dem Parkplatz

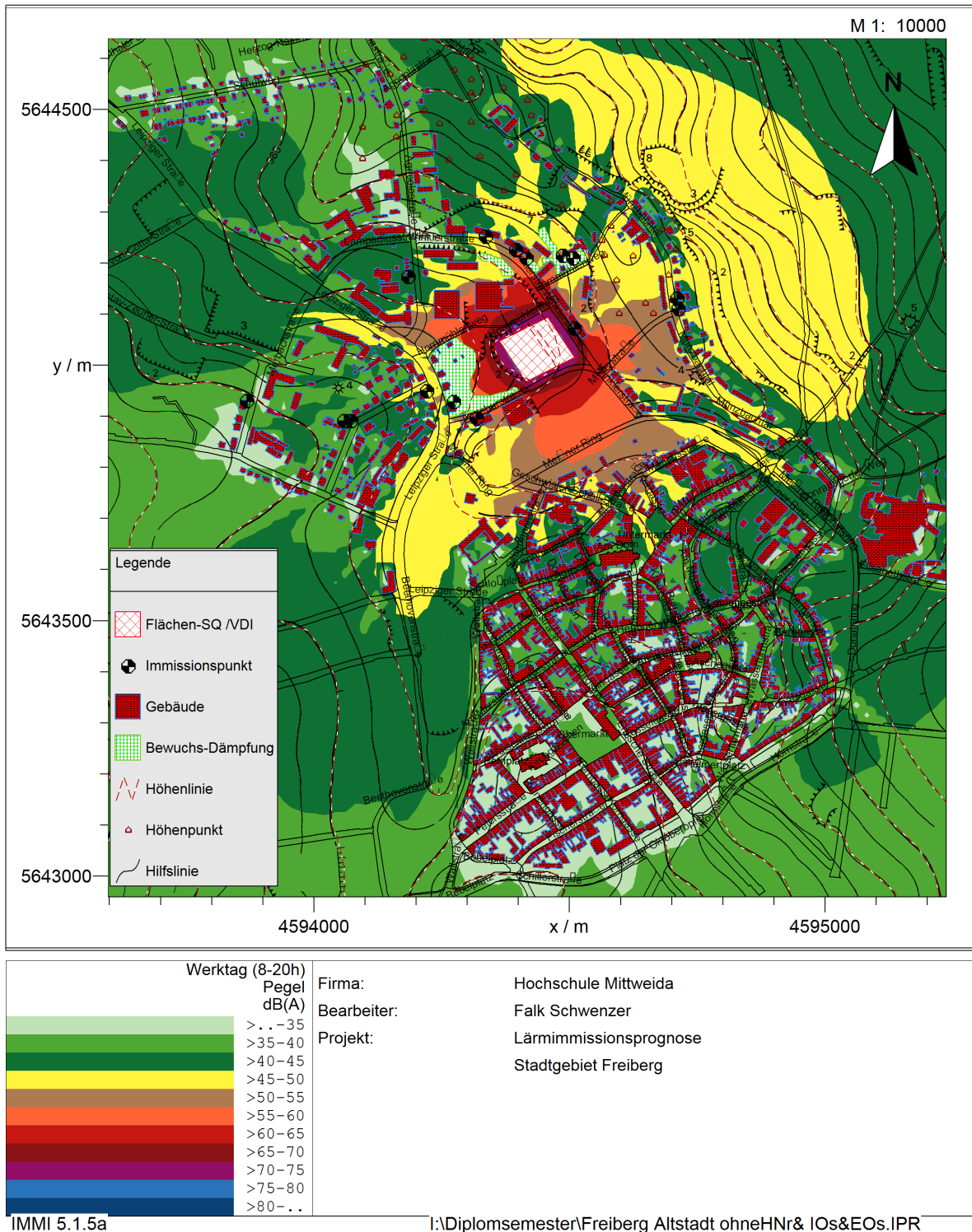


Abbildung 8: Rasterlärnkarte Stadtgebiet Freiberg (Prognose Rummel)

Tabelle 10: prognostizierte Lärmimmissionen an den einzelnen Immissionsorten

Immissionspunkt	x [m]	y [m]	z [m]	Ges- Peg. [dB(A)]	Tageszeit IRW [dB(A)]	Ruhezeit IRW [dB(A)]	Nachtzeit IRW [dB(A)]
Winklerstraße 22 OG1	4594335,7	5644252,7	387,47	47,8	70	65	55
Winklerstraße 22 OG2	4594335,7	5644252,7	390,47	48,6	70	65	55
Winklerstraße 20 OG1	4594394,29	5644226,42	387,45	56,1	70	65	55
Winklerstraße 20 OG2	4594394,29	5644226,42	390,45	56,4	70	65	55
Ledeburstraße 6 OG1	4594317,78	5643896,68	393,6	55,3	70	65	55
Ledeburstraße 6 OG2	4594317,78	5643896,68	397,2	56,4	70	65	55
Leipziger Str.17 OG1	4594219,8	5643949,97	398,36	48,1	70	65	55
Leipziger Str.17 OG2	4594219,8	5643949,97	401,86	51,2	70	65	55
Leipziger Str.18 OG1	4594272,79	5643928,62	396,43	54,2	70	65	55
Leipziger Str.18 OG2	4594272,79	5643928,62	399,93	56,7	70	65	55
Weisbachstraße11 OG1	4594058,79	5643891,73	403,24	44,2	70	65	55
Weisbachstraße11 OG2	4594058,79	5643891,73	406,74	46,5	70	65	55
Hornmühlenweg 7 OG1	4594486,37	5644215,36	385,03	51,6	70	65	55
Hornmühlenweg 7 OG2	4594486,37	5644215,36	388,53	52,3	70	65	55
Merbachstraße 7 OG1	4593867,93	5643930,38	405,3	37,7	70	65	55
Merbachstraße 7 OG3	4593867,93	5643930,38	412,3	43,3	70	65	55
Münzbachtal 24 OG1	4594712,48	5644110,84	381,39	51	70	65	55
Münzbachtal 24 OG2	4594712,48	5644110,84	384,89	51,8	70	65	55
Münzbachtal 26 OG1	4594709,4	5644131,24	380,51	46,9	70	65	55
Münzbachtal 26 OG2	4594709,4	5644131,24	383,51	50	70	65	55
Agricolastraße 5 OG1	4594184,02	5644173,99	392,19	43,2	70	65	55
Agricolastraße 5 OG2	4594184,02	5644173,99	396,19	45,9	70	65	55

Die Nutzung des Messeplatzes für einen Rummel wird aus schalltechnischer Sicht für die Beurteilungszeiträume „Tag“ und „Ruhezeit“ uneingeschränkt möglich sein, da die prognostizierten Pegel deutlich unter den Grenzwerten liegen werden. Für den Nachtzeitraum kommt es zu Überschreitungen an der Winklerstraße 20,

Ledeburstraße 6 und der Leipziger Str.18. Wird der Messeplatz auch im Beurteilungszeitraum Nacht für einen Rummel genutzt, so werden im Abschnitt „Lärmschutzmöglichkeiten“ Maßnahmen zur Einhaltung der Richtwerte aufgezeigt.

3.3.2.3 Prognose tieffrequenter Geräusche

Die Berechnung der C-bewerteten Pegel für das korrigierte Emissionsspektrum für Rummelplätze erfolgte nach (19).

Tabelle 11: Ergebnisse der berechneten A- bzw. C- bewerteten Pegel an den Immissionsorten

Immissionspunkt	x [m]	y [m]	z [m]	Ges-Peg. [dB(A)]	Ges-Peg. [dB(C)]	Differenz C-A [dB]
Winklerstraße 22 OG1	4594335,7	5644252,7	387,47	47,8	64,1	16,3
Winklerstraße 22 OG2	4594335,7	5644252,7	390,47	48,6	64,7	16,1
Winklerstraße 20 OG1	4594394,29	5644226,42	387,45	56,1	68,9	12,8
Winklerstraße 20 OG2	4594394,29	5644226,42	390,45	56,4	69,1	12,7
Ledeburstraße 6 OG1	4594317,78	5643896,68	393,6	55,3	68,9	13,6
Ledeburstraße 6 OG2	4594317,78	5643896,68	397,2	56,4	69,4	13
Leipziger Str.17 OG1	4594219,8	5643949,97	398,36	48,1	64,3	16,2
Leipziger Str.17 OG2	4594219,8	5643949,97	401,86	51,2	66,2	15
Leipziger Str.18 OG1	4594272,79	5643928,62	396,43	54,2	68	13,8
Leipziger Str.18 OG2	4594272,79	5643928,62	399,93	56,7	69,2	12,5
Weisbachstraße11 OG1	4594058,79	5643891,73	403,24	44,2	60	15,8
Weisbachstraße11 OG2	4594058,79	5643891,73	406,74	46,5	61,3	14,8
Hornmühlenweg 7 OG1	4594486,37	5644215,36	385,03	51,6	67	15,4
Hornmühlenweg 7 OG2	4594486,37	5644215,36	388,53	52,3	67,7	15,4
Merbachstraße 7 OG1	4593867,93	5643930,38	405,3	37,7	55,4	17,7
Merbachstraße 7 OG3	4593867,93	5643930,38	412,3	43,3	58,2	14,9
Münzbachtal 24 OG1	4594712,48	5644110,84	381,39	51	65,2	14,2
Münzbachtal 24 OG2	4594712,48	5644110,84	384,89	51,8	65,5	13,7
Münzbachtal 26 OG1	4594709,4	5644131,24	380,51	46,9	63,4	16,5
Münzbachtal 26 OG2	4594709,4	5644131,24	383,51	50	64,6	14,6
Agricolastraße 5 OG1	4594184,02	5644173,99	392,19	43,2	61,1	17,9
Agricolastraße 5 OG2	4594184,02	5644173,99	396,19	45,9	62,9	17

Schädliche Umwelteinwirkungen durch tiefe Frequenzen werden nicht vorhanden sein, was aus der Tabelle 11 ersichtlich wird.

3.3.3 Nutzung für Zirkusgastspiele

3.3.3.1 Berechnungsansatz

Für die Prognostizierung der Lärmimmissionen, verursacht durch einen Zirkus, können nach /1/ ebenfalls zwei verschiedene Ansätze verwendet werden.

Es besteht die Möglichkeit der Berechnung über die zu beschallende Fläche, welche proportional der Zuschauerzahl ist oder mit Hilfe der Zeltgröße durch Berücksichtigung des mittleren Zeltradius.

$$L_{WA} = 79dB(A) + 10 \cdot \log(n)dB \quad (22)$$

n : Platzanzahl Zirkus (Zuschauerkapazität)

Mit diesem Berechnungsansatz ergibt sich für ein Zelt mit einer Kapazität für 1000 Gäste /12/ ein Schallleistungspegel von 109dB(A).

$$L_{WA} = 84dB(A) + 20 \cdot \log\left(\frac{r}{r_0}\right)dB \quad (23)$$

r : mittlerer Radius Zirkuszelt

r_0 : Bezugsradius von 1m

Nach dem zweiten Ansatz wird ebenfalls ein Schallleistungspegel mit 109dB(A) für ein Zirkuszelt mit 4 Masten und einem Durchmesser von 36m nach /12/ erreicht.

Als Standplatz für den Zirkus auf dem Messeplatz gilt für die Berechnung die Position mit folgenden Gauß-Krüger-Koordinaten: x/m: 4594409.04 y/m: 5644017.93, sowie eine Ausrichtung nach Nord-Westen. Die Impulshaltigkeit K_I ist mit 4dB berücksichtigt. Den folgenden Tabellen (12 & 13) sind weitere eingegebene Parameter zu entnehmen.

Tabelle 12: mittleres Richtwirkungsmaß für Zirkusse nach /1/(Abbildung 17)

Sektor	Winkel [°] (links)	Winkel [°] (rechts)	D _l (links) [dB]	D _l (rechts) [dB]
S1	0	45	0	-3
S2	45	90	-3	-6
S3	90	135	-6	-7
S4	135	180	-7	-6

Tabelle 13: Spektrum-Korrekturwerte für das A-bewertete Emissionsspektrum von Zirkussen, bezogen auf den A-bewerteten energieäquivalenten Summenpegel /1/

Frequenz	31 Hz	63,5 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
$D_f^0[O]/dB$	-32,5	-10,8	-5,4	-6,7	-6,9	-8,6	-12,3	-19,6	-30,9

3.3.3.2 Zu erwartende Lärmimmissionen

Im Stadtgebiet werden die Geräuschimmissionen anhand der nachstehenden Rasterlärmkarte visualisiert, die von einer Zirkusvorstellung auf dem Messeplatz verursacht werden.

Lärmimmissionen durch eine Zirkusvorstellung auf dem Messeplatz

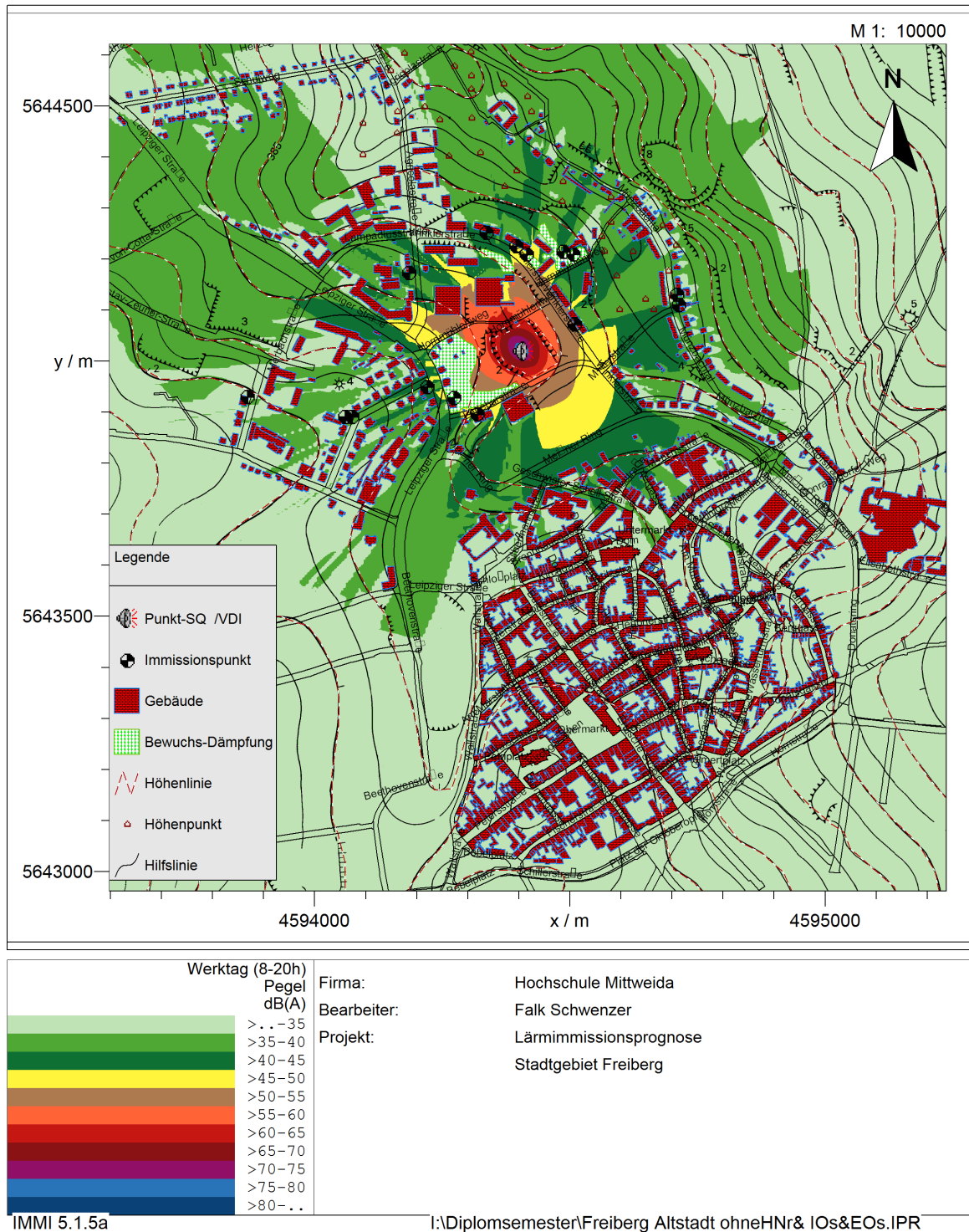


Abbildung 9: Rasterlärnkarte Stadtgebiet Freiberg (Zirkusvorstellung)

Tabelle 14: prognostizierte Lärmimmissionen an den einzelnen Immissionsorten

Immissionspunkt	x [m]	y [m]	z [m]	Ges- Peg. [dB(A)]	Tageszeit IRW [dB(A)]	Ruhezeit IRW [dB(A)]	Nachtzeit IRW [dB(A)]
Winklerstraße 22 OG1	4594335,7	5644252,7	387,47	40,5	70	65	55
Winklerstraße 22 OG2	4594335,7	5644252,7	390,47	41,7	70	65	55
Winklerstraße 20 OG1	4594394,29	5644226,42	387,45	48,3	70	65	55
Winklerstraße 20 OG2	4594394,29	5644226,42	390,45	48,6	70	65	55
Ledeburstraße 6 OG1	4594317,78	5643896,68	393,6	47,2	70	65	55
Ledeburstraße 6 OG2	4594317,78	5643896,68	397,2	49,1	70	65	55
Leipziger Str.17 OG1	4594219,8	5643949,97	398,36	40,5	70	65	55
Leipziger Str.17 OG2	4594219,8	5643949,97	401,86	45	70	65	55
Leipziger Str.18 OG1	4594272,79	5643928,62	396,43	46,8	70	65	55
Leipziger Str.18 OG2	4594272,79	5643928,62	399,93	49,1	70	65	55
Weisbachstraße11 OG1	4594058,79	5643891,73	403,24	40,6	70	65	55
Weisbachstraße11 OG2	4594058,79	5643891,73	406,74	51,2	70	65	55
Hornmühlenweg 7 OG1	4594486,37	5644215,36	385,03	45,1	70	65	55
Hornmühlenweg 7 OG2	4594486,37	5644215,36	388,53	45,5	70	65	55
Merbachstraße 7 OG1	4593867,93	5643930,38	405,3	33,4	70	65	55
Merbachstraße 7 OG3	4593867,93	5643930,38	412,3	38,1	70	65	55
Münzbachtal 24 OG1	4594712,48	5644110,84	381,39	40,5	70	65	55
Münzbachtal 24 OG2	4594712,48	5644110,84	384,89	40,8	70	65	55
Münzbachtal 26 OG1	4594709,4	5644131,24	380,51	36,4	70	65	55
Münzbachtal 26 OG2	4594709,4	5644131,24	383,51	38,8	70	65	55
Agricolastraße 5 OG1	4594184,02	5644173,99	392,19	40,1	70	65	55
Agricolastraße 5 OG2	4594184,02	5644173,99	396,19	42,6	70	65	55

Aus den berechneten Pegeln wird eine deutliche Unterschreitung aller Richtwerte ersichtlich.

3.3.3.3 Prognose tieffrequenter Geräusche

Die Berechnung der C-bewerteten Pegel für das korrigierte Emissionsspektrum für Zirkusse erfolgte nach (19).

Tabelle 15: Ergebnisse der berechneten A- bzw. C- bewerteten Pegel an den Immissionsorten

Immissionspunkt	x [m]	y [m]	z [m]	Ges-Peg. [dB(A)]	Ges-Peg. [dB(C)]	Differenz C-A [dB]
Winklerstraße 22 OG1	4594335,7	5644252,7	387,47	40,5	61	20,5
Winklerstraße 22 OG2	4594335,7	5644252,7	390,47	41,7	61,6	19,9
Winklerstraße 20 OG1	4594394,29	5644226,42	387,45	48,3	64,9	16,6
Winklerstraße 20 OG2	4594394,29	5644226,42	390,45	48,6	65,2	16,6
Ledeburstraße 6 OG1	4594317,78	5643896,68	393,6	47,2	63,4	16,2
Ledeburstraße 6 OG2	4594317,78	5643896,68	397,2	49,1	64,8	15,7
Leipziger Str.17 OG1	4594219,8	5643949,97	398,36	40,5	60,9	20,4
Leipziger Str.17 OG2	4594219,8	5643949,97	401,86	45	63,5	18,5
Leipziger Str.18 OG1	4594272,79	5643928,62	396,43	46,8	63,8	17
Leipziger Str.18 OG2	4594272,79	5643928,62	399,93	49,1	65,4	16,3
Weisbachstraße11 OG1	4594058,79	5643891,73	403,24	40,6	58,5	17,9
Weisbachstraße11 OG2	4594058,79	5643891,73	406,74	51,2	67,5	16,3
Hornmühlenweg 7 OG1	4594486,37	5644215,36	385,03	45,1	62,2	17,1
Hornmühlenweg 7 OG2	4594486,37	5644215,36	388,53	45,5	62,5	17
Merbachstraße 7 OG1	4593867,93	5643930,38	405,3	33,4	53,1	19,7
Merbachstraße 7 OG3	4593867,93	5643930,38	412,3	38,1	55,6	17,5
Münzbachtal 24 OG1	4594712,48	5644110,84	381,39	40,5	57,6	17,1
Münzbachtal 24 OG2	4594712,48	5644110,84	384,89	40,8	57,8	17
Münzbachtal 26 OG1	4594709,4	5644131,24	380,51	36,4	55,6	19,2
Münzbachtal 26 OG2	4594709,4	5644131,24	383,51	38,8	56,6	17,8
Agricolastraße 5 OG1	4594184,02	5644173,99	392,19	40,1	60,8	20,7
Agricolastraße 5 OG2	4594184,02	5644173,99	396,19	42,6	62,3	19,7

Aus der Differenz von C- und A-bewerteten Pegeln werden schädliche Umwelteinwirkungen durch tiefe Frequenzen an den Immissionsorten Winklerstraße 22, Leipziger Str.17, Merbachstraße 7 und Agricolastraße 5 prognostiziert.

4. Lärmimmissionsmessungen und weitere Prognosen

4.1 Messgeräte

Zu den durchgeführten Messungen wurde mit folgenden Messgeräten gearbeitet:

Tabelle 16: eingesetzte Messtechnik

Bezeichnung	Typ	Hersteller
Kalibrator	CR: 513A	Cirrus
Schallpegelmesser	CEL-593.C1	CEL
Elektretmikrofon	292	CEL

Der verwendete Schallpegelmesser mit der Seriennummer 103129, entspricht der DIN IEC 651 Klasse 1. Die Messapparatur wurde vor der Messung ordnungsgemäß kalibriert.

4.2 Messverfahren

Gemäß TA Lärm wurden bei der Ermittlung der Schalldruckpegel die Frequenzbewertung „A“ nach der „A-Kurve“ und die Zeitbewertung „FAST“ angewandt.

Für eine situationsbezogene Geräuschbeurteilung an den Immissionsaufpunkten wurde der äquivalente Dauerschallpegel L_{Aeq} und gegebenenfalls der Taktmaximal-Mittelungspegel L_{AFTeq} als Messparameter ausgewertet.

4.3 Bewertung der Ergebnisse an Immissionsorten

Der Beurteilungspegel besteht aus dem zeitlichen Mittelwert der Emissionsgeräusche und aus Zu- bzw. Abschlägen für Fremdgeräusche, Einzeltöne und Impulse.

Für mindestens einen Einzelton, der sich aus dem Emissionsgeräusch heraushebt, können je nach Auffälligkeit Zuschläge von

$$K_T = 3 \text{ bzw. } 6 \text{ dB(A)}$$

vergeben werden.

Liegen keine Taktmaximalpegel (L_{AFTeq}) oder Impulsschallpegel (L_{Aeq}) vor und sind bei A-bewerteten Schallpegeln mehrmals je Minute deutlich hervortretende Impulsgeräusche wahrnehmbar, so können durch die erhöhte Störwirkung Impulzzuschläge je nach Auffälligkeit von

$$K_I = 3 \text{ bzw. } 6 \text{ dB(A)}$$

vergeben werden.

Die Ermittlung der Impulshaltigkeit erfolgt sonst aus der Differenz des Taktmaximal-Mittelungspegels L_{AFTeq} und dem A-bewerteten äquivalenten Dauerschallpegel L_{Aeq} .

Der Beurteilungspegel L_r wird nach TA Lärm in Verbindung mit der DIN 45645-1 aus den äquivalenten Dauerschallpegeln $L_{AFeq\ i}$, den zugehörigen Teilzeiten T_i und den Zuschlägen für Ton- und Impulshaltigkeit gebildet.

Beurteilungspegel nach /16/ bzw./2/:

$$L_r = L_{eq} + K_I + K_T + K_R + K_S \quad (24)$$

L_{eq} äquivalenter Dauerschallpegel nach /15/ während der Beurteilungszeit

K_I Impulzzuschlag nach /16/

K_T Tonzuschlag

K_R Ruhezeitenzuschlag

K_S Zuschlag für bestimmte Geräusche und Situationen

$$L_r = 10 \cdot \log \left(\frac{1}{T_r} \sum_i T_i 10^{0,1(L_{Aeq,i} + K_{I,i} + K_{r,i})} \right) \quad (25)$$

T_i *Teilzeit i*

$L_{Aeq,i}$ *Mittelungspegel während der Teilzeit T_i*

$K_{r,i}$ *Zuschlag für Ton- und Informationshaltigkeit in der Teilzeit T_i*

$K_{I,i}$ *Zuschlag für Impulshaltigkeit der Teilzeit T_i*

Die berechneten Beurteilungspegel L_r stellen somit Größen dar, die mit den Immissionsrichtwerten der TA Lärm (Richtwert außerhalb von Gebäuden) direkt vergleichbar sind. Dabei kann eine Überschreitung der geltenden Immissionsrichtwerte so lange hingenommen werden, wie sich Maßnahmen zur Geräuschminderung wegen eines ständig über dem Richtwert liegenden Fremdgeräuschpegels nicht auswirken können.

4.4 Bühnenprogramm zu den Studententagen

4.4.1 Situationsbeschreibung

Die Studenten der TU Bergakademie Freiberg veranstalteten anlässlich der Studententage 2009 ein Bühnenprogramm auf dem Mensavorplatz Agricolastraße 10, sowie auf dem Obermarkt der Stadt Freiberg. Ab 19.30 Uhr bis ca. 23.00 Uhr wurde die Bühne vor der Mensa zur Wiedergabe von Live-Musik eingesetzt.

Aufgrund von eingegangenen Beschwerden aus der umliegenden Wohnbebauung beim Ordnungsamt Freiberg, wurden Immissionsmessungen im unmittelbaren Einwirkungsbereich der Bühne und an zwei maßgeblichen Immissionsorten zur Beurteilung der Geräuschimmissionen durchgeführt.

4.4.2 Messzeit

Die Geräuschimmissionsmessungen erfolgten am 13.05.09 zur Nachtzeit von 21.00-23.00 Uhr im Einwirkungsbereich der Bühne vor der Mensa, sowie bei den umliegenden Immissionsorten.

4.4.3 Messorte

Zur Beurteilung der Emissionen an der Agricolastraße 10 erfolgten an insgesamt 5 Immissionspunkten Messungen. Drei der Immissionspunkte befanden sich in unmittelbarer Nähe zur Bühne auf dem Mensavorplatz. Die Entfernungen sind aus Abbildung 10 ersichtlich. Als Immissionsorte wurden die Agricolastraße 5 und der Hornmühlenweg 7 vermessen. Die Messung erfolgte jeweils neben dem Gebäude, in einem Abstand von ca. 3 m.

4.4.4 Messbedingungen

Am Messtag lagen für die Außenmessungen folgende Messbedingungen vor:

Temperatur:	$t_a = 10^\circ\text{C}$
Windgeschwindigkeit:	windstill
Wetter:	klar
Mikrofonhöhe:	Messpunkt 1 (MP1): $h = 1,2\text{ m}$ Messpunkt 2 (MP2): $h = 4\text{ m}$ Messpunkt 3 (MP3): $h = 1,2\text{ m}$ Agricolastraße 5 (IO11): $1,5\text{ m}$ Hornmühlenweg 7 IP (IO7): $1,5\text{ m}$

4.4.5 Ergebnisse

Die Ergebnisse sind mit dem Messprogramm „1/3 Umweltlärm“ des Schallpegelmessers ermittelt worden, bei dem das Oktavspektrum, sowie die äquivalenten Dauerschallpegel unbewertet und mit A-Bewertung aufgezeichnet werden.

In folgender Tabelle und Abbildung sind die gemittelten A-bewerteten äquivalenten Dauerschallpegel zusammengefasst, die während des Bühnenprogramms auf dem Mensavorplatz gemessen wurden.

In Anlage 2 sind die Oktavspektren der einzelnen Immissionspunkte aufgeführt.

Tabelle 17: Gesamtgeräuschsituation an den Messpunkten

Immissionsort	ausgewertete Messperioden	L_{Aeq} [dB(A)]	L_{eq} [dB(L)]
MP1	01-14	99,4	118,1
MP2	01-15	93,8	106,0
MP3	01-15	87,6	103,4
Agricolastraße 5 (IO11)	01-15	73,0	91,3
Hornmühlenweg 7 IP	01-15	51,7	74,7

Die Periodendauer ist für jede Messung mit 1min festgelegt worden. Am MP1 wurde nur über 14 Perioden gemittelt, da während der 15. Periode eine Störung durch einen Zuschauer auftrat.

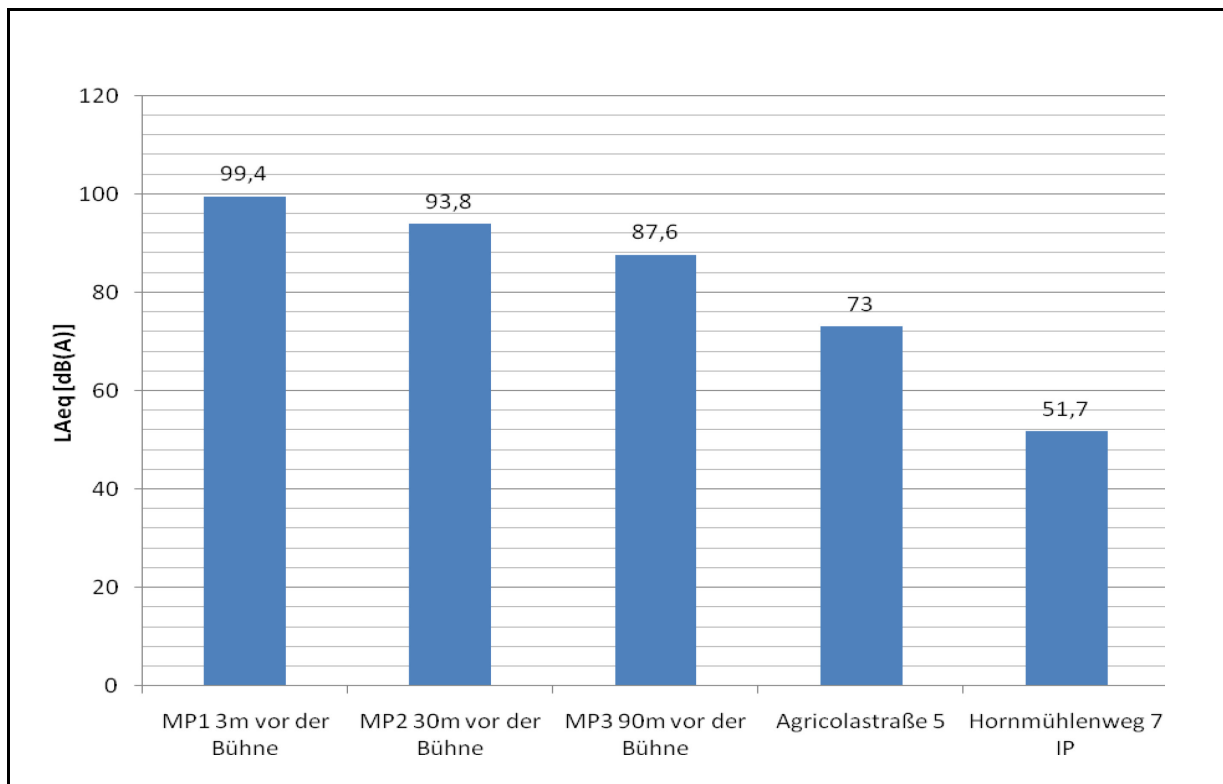


Abbildung 10: gemittelter äquivalenter Dauerschallpegel vom Bühnenprogramm Mensavorplatz

Für die Immissionsprognose der in Tabelle 18 berechneten Gesamtpegel wurde zunächst der Schalleistungspegel der Bühne mit 126 dB(A) ermittelt und eine relative Höhe der Bühnenemissionen mit 3m angenommen.

Dazu sind die gemittelten Messwerte von MP2, sowie vor den Gebäuden Agricolastraße 5 und Hornmühlenweg 7, aus den Messungen verwendet worden.

Aus der Sächsischen Freizeitlärmstudie /1/ sind Parameter wie Raumwinkelmaß und Richtwirkung entnommen worden.

4.4.6 Prognostizierung der Immissionen

Tabelle 18: Ergebnisse der berechneten Pegel mit Gauß-Krüger-Koordinaten & Immissionsrichtwerten

Immissionspunkt	x [m]	y [m]	z [m]	Ges-Peg. [dB(A)]	Tageszeit IRW [dB(A)]	Ruhezeit IRW [dB(A)]	Nachtzeit IRW [dB(A)]
Winklerstraße 22 OG1	4594335,7	5644252,7	386,27	55	70	65	55
Winklerstraße 22 OG2	4594335,7	5644252,7	389,27	55,6	70	65	55
Winklerstraße 20 OG1	4594394,3	5644226,4	386,25	72,4	70	65	55
Winklerstraße 20 OG2	4594394,3	5644226,4	389,25	72,9	70	65	55
Ledeburstraße 6 OG1	4594317,8	5643896,7	392,22	60,4	70	65	55
Ledeburstraße 6 OG2	4594317,8	5643896,7	395,72	62,2	70	65	55
Leipziger Str.17 OG1	4594219,8	5643950	397,41	53,1	70	65	55
Leipziger Str.17 OG2	4594219,8	5643950	400,91	55,4	70	65	55
Leipziger Str.18 OG1	4594272,8	5643928,6	395,15	59,6	70	65	55
Leipziger Str.18 OG2	4594272,8	5643928,6	398,65	64,2	70	65	55
Weisbachstraße 11 OG1	4594058,8	5643891,7	401,74	46,8	70	65	55
Weisbachstraße 11 OG2	4594058,8	5643891,7	405,24	50,6	70	65	55
Hornmühlenweg 7 OG1	4594486,4	5644215,4	385,03	64,1	70	65	55
Hornmühlenweg 7 OG2	4594486,4	5644215,4	388,53	65,2	70	65	55
Merbachstraße 7 OG1	4593867,9	5643930,4	403,8	51,7	70	65	55
Merbachstraße 7 OG3	4593867,9	5643930,4	410,8	56,8	70	65	55
Münzbachtal 24 OG1	4594712,5	5644110,8	380,38	49,4	70	65	55
Münzbachtal 24 OG2	4594712,5	5644110,8	383,88	52	70	65	55
Münzbachtal 26 OG1	4594709,4	5644131,2	379,51	50,6	70	65	55
Münzbachtal 26 OG2	4594709,4	5644131,2	382,51	52,2	70	65	55
Agricolastraße 5 OG1	4594184	5644174	391,19	73	70	65	55
Agricolastraße 5 OG2	4594184	5644174	394,19	73,7	70	65	55

Lärmimmissionen Bühnenprogramm Mensavorplatz 13.05.09

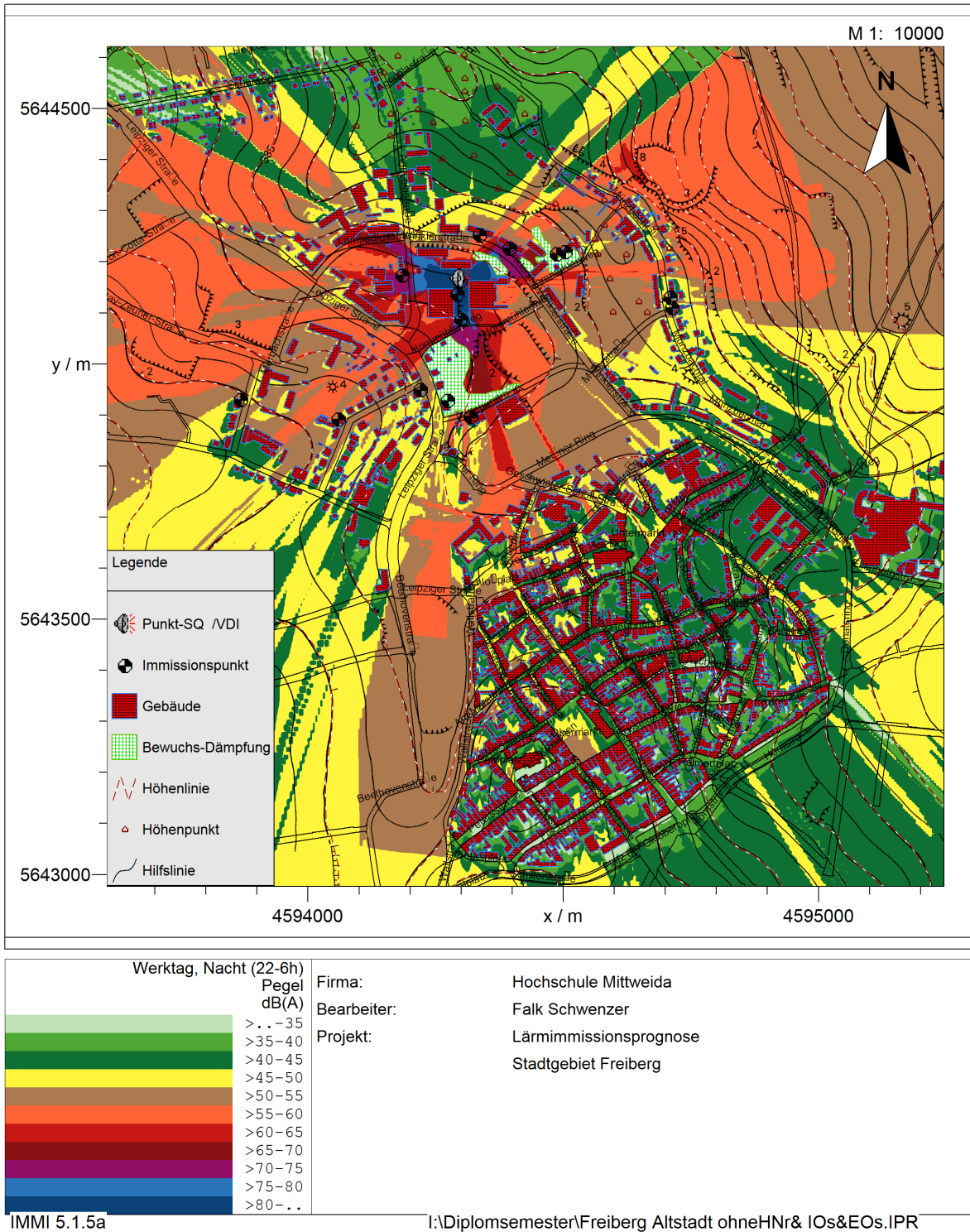


Abbildung 11: Rasterlärnkarte Stadtgebiet Freiberg (reales Bühnenprogramm Mensavorplatz)

4.4.7 Zusammenfassung

Auf Grundlage der durchgeführten Geräuschimmissionsmessungen und Berechnungen wurden die folgenden Immissionspegel ermittelt und den geltenden Immissionsrichtwerten gegenübergestellt. Da mit dem Messprogramm „1/3 Umweltlärm“ gemessen wurde und die Messperiodendauer mit je 1min eingestellt wurde, sind den Ergebnissen keine Taktmaximalmittelungspegel zur Bewertung der Impulshaltigkeit der Geräusche zu entnehmen.

Tabelle 19: Vergleich der gemessenen Pegel mit den Immissionsrichtwerten

Immissionspunkt	gemessener Pegel [dB(A)]	Immissionsrichtwert nach Freizeitlärmrichtlinie		
		Tageszeit [dB(A)]	Ruhezeit [dB(A)]	Nachtzeit [dB(A)]
Agricolastraße 5 (IO11)	73	70	65	55
Hornmühlenweg 7 IP	52			

Aus der Tabelle wird eine Überschreitung des Immissionsrichtwertes um 18dB(A) am IO11 zur Nachtzeit ersichtlich. Am Immissionspunkt Hornmühlenweg 7 kommt es hingegen zu einer Unterschreitung zu allen Beurteilungszeiträumen.

Es handelt sich bei diesem Vergleich nicht um Beurteilungspegel, so dass es durch vernachlässigte Zuschläge der Impulshaltigkeit noch zu weiteren Überschreitungen gekommen sein kann.

Kurzzeitige Geräuschspitzen, die den Immissionsrichtwert für die Tageszeit um mehr als 20 dB(A) überschreiten wurden nicht festgestellt. Für die Nachtzeit wurde eine Überschreitung um mehr als 10 dB(A) am IO11 festgestellt.

Tabelle 20: Vergleich der berechneten Pegel mit den Immissionsrichtwerten

Immissionspunkt	berechneter Pegel [dB(A)]	Immissionsrichtwert nach Freizeitlärmrichtlinie		
		Tageszeit [dB(A)]	Ruhezeit [dB(A)]	Nachtzeit [dB(A)]
Winklerstraße 22 OG2	56	70	65	55
Winklerstraße 20 OG2	73			
Ledeburstraße 6 OG2	62			
Leipziger Str.17 OG2	55			
Leipziger Str.18 OG2	64			
Weisbachstraße11 OG2	51			
Hornmühlenweg 7 OG2	65			
Merbachstraße 7 OG3	57			
Münzbachtal 24 OG2	52			
Münzbachtal 26 OG2	52			
Agricolastraße 5 OG2	74			

Aus den Berechnungen mit der Lärmimmissionssoftware IMMI wird eine Überschreitung der Richtwerte zu jeder Zeit auf der Winklerstraße 20 und der Agricolastraße 5 gegeben sein.

An den Immissionsorten Winklerstraße 22, Ledeburstraße 6, Leipziger Straße 18, Merbachstraße 7 und Hornmühlenweg 7 kommt es zu einer Nichteinhaltung des Richtwertes für den Nachtzeitraum.

Die Einhaltung der Immissionsrichtwerte ist für die Leipziger Straße 17, Weisbachstraße 11, Münzbachtal 24 & 26 gegeben.

Tabelle 21: Vergleich der gemessenen Pegel mit den Berechneten

Immissionspunkt	Variante	berechneter Pegel [dB(A)]	gemessener Pegel [dB(A)]
MP2	Emission Mensa 13.5.09	91,2	93,8
Agricolastraße 5		72,5	73,0
Hornmühlenweg 7 IP		52,8	51,7

Ein Vergleich der gemessenen Pegel mit den theoretisch berechneten Pegeln zeigt eine gute Übereinstimmung. Die größte Abweichung gibt es beim Messpunkt vor der Bühne auf dem Mensavorplatz. Die Ursache hierfür ist die fehlende Möglichkeit den Publikumsbereich vor der Bühne digitalisieren zu können. Um das Publikum bei einer Berechnung berücksichtigen zu können, müssen genaue Angaben über die Anzahl der Zuschauer vorliegen bzw. der genaue Absorptionsfaktor für die Fläche mit Personen gegeben sein.

4.5 Musikveranstaltung Innenhof Schloss Freudenstein

4.5.1 Situationsbeschreibung

Am Freitagabend fand eine „Boogie Woogie Night“ im Hof von Schloss Freudenstein statt. Zur Veranstaltung traten verschiedene Bands, unter anderem Boogie Brothers, the Firebirds u.a., auf. Als Beschallungslösung kam ein Lautsprechersystem der Q-Serie von d&b audiotechnik auf der Bühne zum Einsatz.

4.5.2 Messzeit

Die Immissionsmessungen erfolgten am 05.06.09 zur Ruhezeit von 20.00 Uhr – 22.00 Uhr direkt im Schlosshof und außerhalb des Schlosses.

4.5.3 Messorte

Für die Beurteilung der Bühnenemissionen sind zwei Messungen im Abstand von 20m und 35m zur Bühne durchgeführt worden. Als Immissionspunkt wurde der Schlossplatz gewählt.

4.5.4 Messbedingungen

Am Messtag lagen für die durchgeführten Messungen folgende Messbedingungen vor:

Temperatur:	$t_a = 9^\circ\text{C}$
Windgeschwindigkeit:	windstill
Wetter:	leicht bewölkt
Mikrofonhöhe:	Messpunkt 1 (MP1): $h = 1,5\text{ m}$ Messpunkt 2 (MP2): $h = 1,5\text{ m}$ Messpunkt 3 (IP): $h = 1,5\text{ m}$

4.5.5 Ergebnisse

Bei dieser Messung wurde mit den beiden Messprogrammen „1/3 Umweltlärm“ und „-/- Umweltlärm“ gemessen zur Ermittlung des Oktavspektrums, der äquivalenten Dauerschallpegel und der Taktmaximalmittelungspegel. Am Messpunkt 1 liegt kein L_{AFTeq} vor, da hier nur das Spektrum ermittelt wurde.

Als Periodendauer wurden jeweils 30s angesetzt. Daraus ergab sich eine Messdauer von je 10min im Schlosshof und 30min auf dem Schlossplatz.

In der folgenden Tabelle sind die gemittelten A-bewerteten äquivalenten Dauerschallpegel, sowie die Taktmaximalmittelungspegel zusammengefasst, die während des Bühnenprogramms auf dem Schlosshof bzw. auf dem Schlossplatz gemessen wurden.

In Anlage 2 ist das Oktavspektrum der Messung am Messpunkt 1 enthalten.

Tabelle 22: Geräuschsituation an den Messpunkten

Immissionsort	ausgewertete Messperioden	L_{Aeq} [dB(A)]	L_{AFTeq} [dB(A)]
Schlosshof MP1	1-20	88,8	-
Schlosshof MP2	1-20	84,7	89,4
Schlossplatz IP	1-60	53,9	57,8

Die Ergebnisse der gemittelten äquivalenten Dauerschallpegel sind in der Software IMMI zur Bestimmung des Schallleistungspegels der Bühne herangezogen worden.

Eine Berücksichtigung der Impulshaltigkeit wurde nicht vorgenommen, weil dadurch der Schallleistungspegel der Bühne verringert wird und somit eine situationsbezogenere Bestimmung der Bühnenemissionen möglich ist.

Der ermittelte Schallleistungspegel der Bühne für den Zeitpunkt der Messung ist mit 121dB(A) bestimmt worden. Die Impulshaltigkeit der Geräusche ist mit der Differenz aus L_{AFTeq} und L_{Aeq} mit ~4 dB(A) bestimmt worden. Weiterhin wurde das Raumwinkelmaß nach /1/ mit 3dB(A) berücksichtigt.

4.5.6 Prognostizierung der Immissionen

Tabelle 23: Ergebnisse der berechneten Pegel mit Gauß-Krüger-Koordinaten & Immissionsrichtwerten

Immissionspunkt	x [m]	y [m]	z [m]	Ges- Peg. [dB(A)]	Tageszeit IRW [dB(A)]	Ruhezeit IRW [dB(A)]	Nachtzeit IRW [dB(A)]
Winklerstraße 22 OG1	4594335,7	5644252,7	387,47	38	70	65	55
Winklerstraße 22 OG2	4594335,7	5644252,7	390,47	39,2	70	65	55
Winklerstraße 20 OG1	4594394,29	5644226,42	387,45	38,1	70	65	55
Winklerstraße 20 OG2	4594394,29	5644226,42	390,45	39,1	70	65	55
Ledeburstraße 6 OG1	4594317,78	5643896,68	393,92	41,8	70	65	55
Ledeburstraße 6 OG2	4594317,78	5643896,68	397,52	43,6	70	65	55
Leipziger Str.17 OG1	4594219,8	5643949,97	398,41	37,8	70	65	55
Leipziger Str.17 OG2	4594219,8	5643949,97	401,91	40,2	70	65	55
Leipziger Str.18 OG1	4594272,79	5643928,62	396,65	38,1	70	65	55
Leipziger Str.18 OG2	4594272,79	5643928,62	400,15	41,3	70	65	55
Weisbachstraße11 OG1	4594058,79	5643891,73	403,24	36,8	70	65	55
Weisbachstraße11 OG2	4594058,79	5643891,73	406,74	37,6	70	65	55
Hornmühlenweg 7 OG1	4594486,37	5644215,36	385,03	35,6	70	65	55
Hornmühlenweg 7 OG2	4594486,37	5644215,36	388,53	37,2	70	65	55
Merbachstraße 7 OG1	4593867,93	5643930,38	405,3	27,8	70	65	55
Merbachstraße 7 OG3	4593867,93	5643930,38	412,3	30,7	70	65	55
Münzbachtal 24 OG1	4594712,48	5644110,84	381,39	41,1	70	65	55
Münzbachtal 24 OG2	4594712,48	5644110,84	384,89	38,4	70	65	55
Münzbachtal 26 OG1	4594709,4	5644131,24	380,51	40,5	70	65	55
Münzbachtal 26 OG2	4594709,4	5644131,24	383,51	38,1	70	65	55
Agricolastraße 5 OG1	4594184,02	5644173,99	392,19	36,6	70	65	55
Agricolastraße 5 OG2	4594184,02	5644173,99	396,19	37,9	70	65	55

Lärmimmissionen Schloss Freudenstein 5.6.09

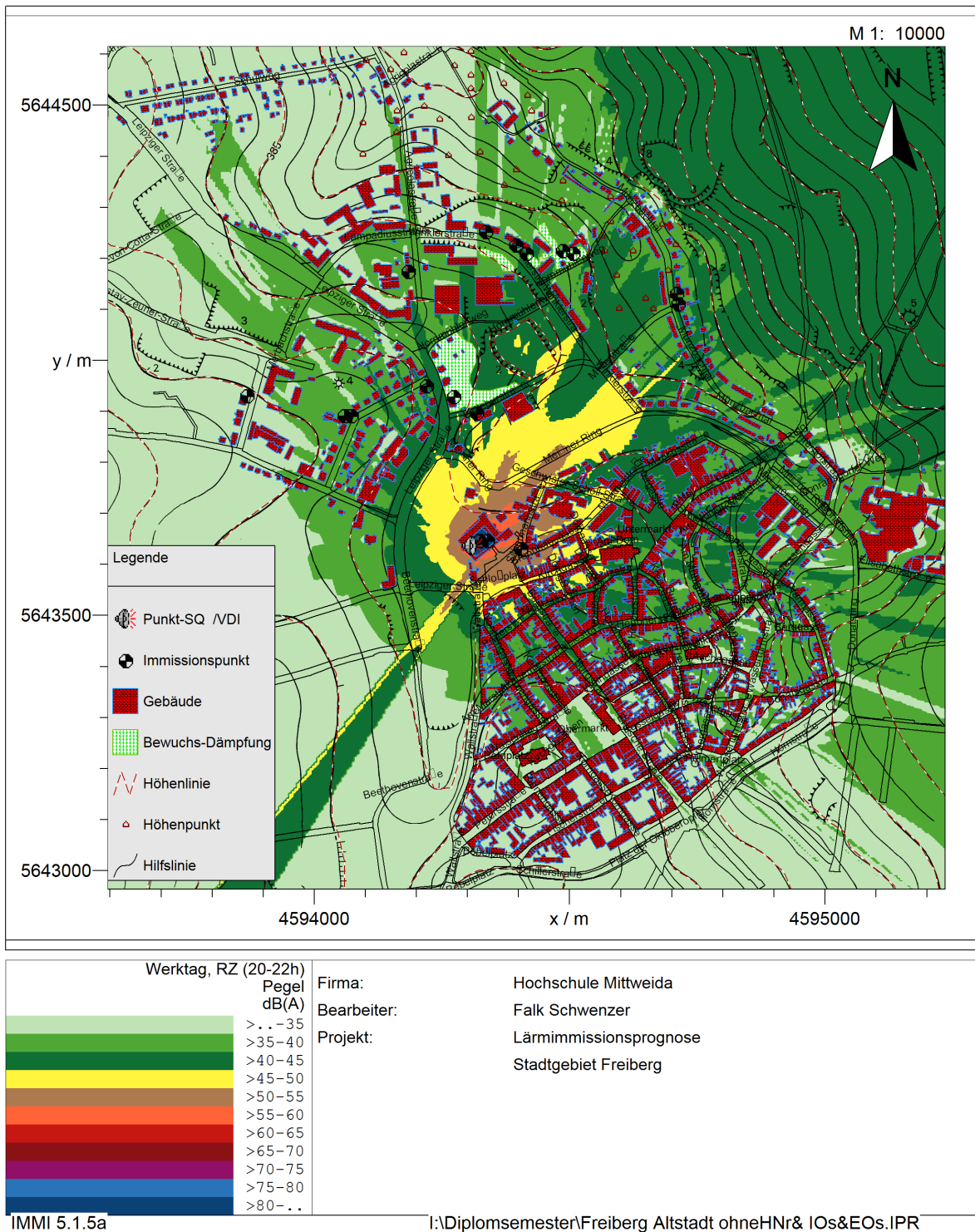


Abbildung 12: Rasterlärnkarte Stadtgebiet Freiberg (reale Lärmimmission Veranstaltung Schloss)

4.5.7 Zusammenfassung

An Hand der durchgeführten Messungen und Berechnungen sind die zu erwartenden Pegel an den Immissionsorten ermittelt worden. In folgender Tabelle sind diese den geltenden Richtwerten gegenübergestellt.

Tabelle 24: Vergleich der berechneten Pegel mit den Immissionsrichtwerten

Immissionspunkt	berechneter Pegel [dB(A)]	Immissionsrichtwert nach Freizeitlärmrichtlinie		
		Tageszeit [dB(A)]	Ruhezeit [dB(A)]	Nachtzeit [dB(A)]
Winklerstraße 22 OG2	39	70	65	55
Winklerstraße 20 OG2	39			
Ledeburstraße 6 OG2	44			
Leipziger Str.17 OG2	40			
Leipziger Str.18 OG2	41			
Weisbachstraße11 OG2	38			
Hornmühlenweg 7 OG2	37			
Merbachstraße 7 OG3	31			
Münzbachtal 24 OG2	38			
Münzbachtal 26 OG2	38			
Agricolastraße 5 OG2	38			

Aus der Tabelle ist eine deutliche Unterschreitung der Richtwerte an allen Immissionsorten ersichtlich. Aus der Rasterlärmkarte wird eine Überschreitung des IRW zur Nachtzeit auf der Silbermannstraße prognostiziert.

Tabelle 25: Vergleich der berechneten mit den gemessenen Pegeln

Immissionspunkt	Variante	berechneter Pegel [dB(A)]	gemessener Pegel [dB(A)]
Schlosshof MP1	Emission Schloss 05.06.09	90,9	88,8
Schlosshof MP2		83,8	84,7
Schlossplatz IP		52,2	53,9

Im Vergleich ist eine gute Übereinstimmung, mit einer maximalen Abweichung von 2,1 dB(A), aller drei berechneten Pegel mit den gemessenen Werten zu erkennen.

4.6 Bühnenprogramm „Nacht der Wissenschaft und Wirtschaft“

4.6.1 Situationsbeschreibung

Die TU Bergakademie und das Studentenwerk Freiberg ermöglichte zur „Nacht der Wissenschaft und Wirtschaft“ nicht nur einen fachlichen Einblick, sondern veranstaltete auch ein buntes Rahmenprogramm. Aus akustischer Sicht ist das Musikprogramm auf der Bühne des Messeplatzes betrachtet und hinsichtlich der Schallimmissionen untersucht worden.

4.6.2 Messzeit

Die Lärmimmissionsmessungen erfolgten am 20.06.09 in der Zeit zwischen 22.30 Uhr – 23.45 Uhr an drei für die Messung geeigneten Immissionsorten.

4.6.3 Messorte

Für die Beurteilung der Bühnenimmissionen sind zwei Messungen am Immissionsort Hornmühlenweg 7 durchgeführt worden und jeweils eine Messung an den Immissionsorten Winklerstraße 20 bzw. Weisbachstraße 11. Bei allen Messungen wurde neben dem Gebäude in ca. 3m Abstand gemessen.

4.6.4 Messbedingungen

Am Messtag lagen für die durchgeführten Messungen folgende Messbedingungen vor:

Temperatur:	$t_a = 11^\circ\text{C}$
Windgeschwindigkeit:	windstill
Wetter:	leicht bewölkt, später klar
Mikrofonhöhe:	Hornmühlenweg 7 (IP1): $h = 1,5\text{ m}$ Winklerstraße 20 (IP2): $h = 1,5\text{ m}$ Weisbachstraße 11 (IP3): $h = 1,5\text{ m}$

4.6.5 Ergebnisse

Die vorherrschenden Pegel sind mit dem Programm „-/- Umweltlärm“ des Messgerätes ermittelt worden. Zur Auswertung der Messung wurden der A-bewertete äquivalente Dauerschallpegel und der Taktmaximalmittelungspegel herangezogen. Am Immissionspunkt Hornmühlenweg 7 erfolgten 2 Messungen direkt hintereinander, da sich die Geräuschsituation beim Auftritt der Band „Polarkreis 18“ änderte. Die Periodendauer wurde jeweils auf 30s voreingestellt, so dass sich eine Messdauer von je 10min ergab. Die ermittelten Pegel sind der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen:

Tabelle 26: äquivalente Dauerschallpegel und Taktmaximalmittelungspegel der Messungen

Immissionsort	ausgewertete Messperioden	L_{Aeq} [dB(A)]	L_{AFTeq} [dB(A)]
Hornmühlenweg 7 (IP1) Messung 1	1-20	42,1	47,7
Hornmühlenweg 7 (IP1) Messung 2	1-20	57,6	60,5
Winklerstraße 20 (IP2)	1-20	68,1	70,7
Weisbachstraße 11 (IP3)	1-20	46,6	50,5

Die Prognose wurde mit Hilfe der ermittelten A-bewerteten äquivalenten Dauerschallpegel unter Berücksichtigung der jeweiligen Impulshaltigkeit durchgeführt. Dazu wurden weiterhin die Spektrum-Korrekturwerte für das A-bewertete Spektrum der Bühnenemissionen, bezogen auf den A-bewerteten

energieäquivalenten Summenpegel für Rock-/Popmusik aus Tabelle 6 verwendet. Der so ermittelte Schallleistungspegel ist mit 129dB(A) bestimmt worden. Die Impulshaltigkeit der Geräusche wurde mit $K_1=4\text{dB(A)}$ (/1/ S.14) für die Bühne berücksichtigt.

4.6.6 Prognostizierung der Immissionen

Tabelle 27: Ergebnisse der berechneten Pegel mit Gauß-Krüger-Koordinaten & Immissionsrichtwerten

Immissionspunkt	x [m]	y [m]	z [m]	Ges- Peg. [dB(A)]	Tageszeit IRW [dB(A)]	Ruhezeit IRW [dB(A)]	Nachtzeit IRW [dB(A)]
Winklerstraße 22 OG1	4594335,7	5644252,7	387,47	54,5	70	65	55
Winklerstraße 22 OG2	4594335,7	5644252,7	390,47	56,2	70	65	55
Winklerstraße 20 OG1	4594394,29	5644226,42	387,45	63,2	70	65	55
Winklerstraße 20 OG2	4594394,29	5644226,42	390,45	64	70	65	55
Ledeburstraße 6 OG1	4594317,78	5643896,68	393,92	62,5	70	65	55
Ledeburstraße 6 OG2	4594317,78	5643896,68	397,52	64,2	70	65	55
Leipziger Str.17 OG1	4594219,8	5643949,97	398,41	55,6	70	65	55
Leipziger Str.17 OG2	4594219,8	5643949,97	401,91	59,4	70	65	55
Leipziger Str.18 OG1	4594272,79	5643928,62	396,65	62,2	70	65	55
Leipziger Str.18 OG2	4594272,79	5643928,62	400,15	64,8	70	65	55
Weisbachstraße11 OG1	4594058,79	5643891,73	403,24	51,9	70	65	55
Weisbachstraße11 OG2	4594058,79	5643891,73	406,74	53	70	65	55
Hornmühlenweg 7 OG1	4594486,37	5644215,36	385,03	69,1	70	65	55
Hornmühlenweg 7 OG2	4594486,37	5644215,36	388,53	69,4	70	65	55
Merbachstraße 7 OG1	4593867,93	5643930,38	405,3	44,5	70	65	55
Merbachstraße 7 OG3	4593867,93	5643930,38	412,3	49,3	70	65	55
Münzbachtal 24 OG1	4594712,48	5644110,84	381,39	65,1	70	65	55
Münzbachtal 24 OG2	4594712,48	5644110,84	384,89	65,6	70	65	55
Münzbachtal 26 OG1	4594709,4	5644131,24	380,51	59,2	70	65	55
Münzbachtal 26 OG2	4594709,4	5644131,24	383,51	63	70	65	55
Agricolastraße 5 OG1	4594184,02	5644173,99	392,19	50,9	70	65	55
Agricolastraße 5 OG2	4594184,02	5644173,99	396,19	53	70	65	55

Lärmimmissionen vom Konzert am 20.6.09 auf dem Messeplatz

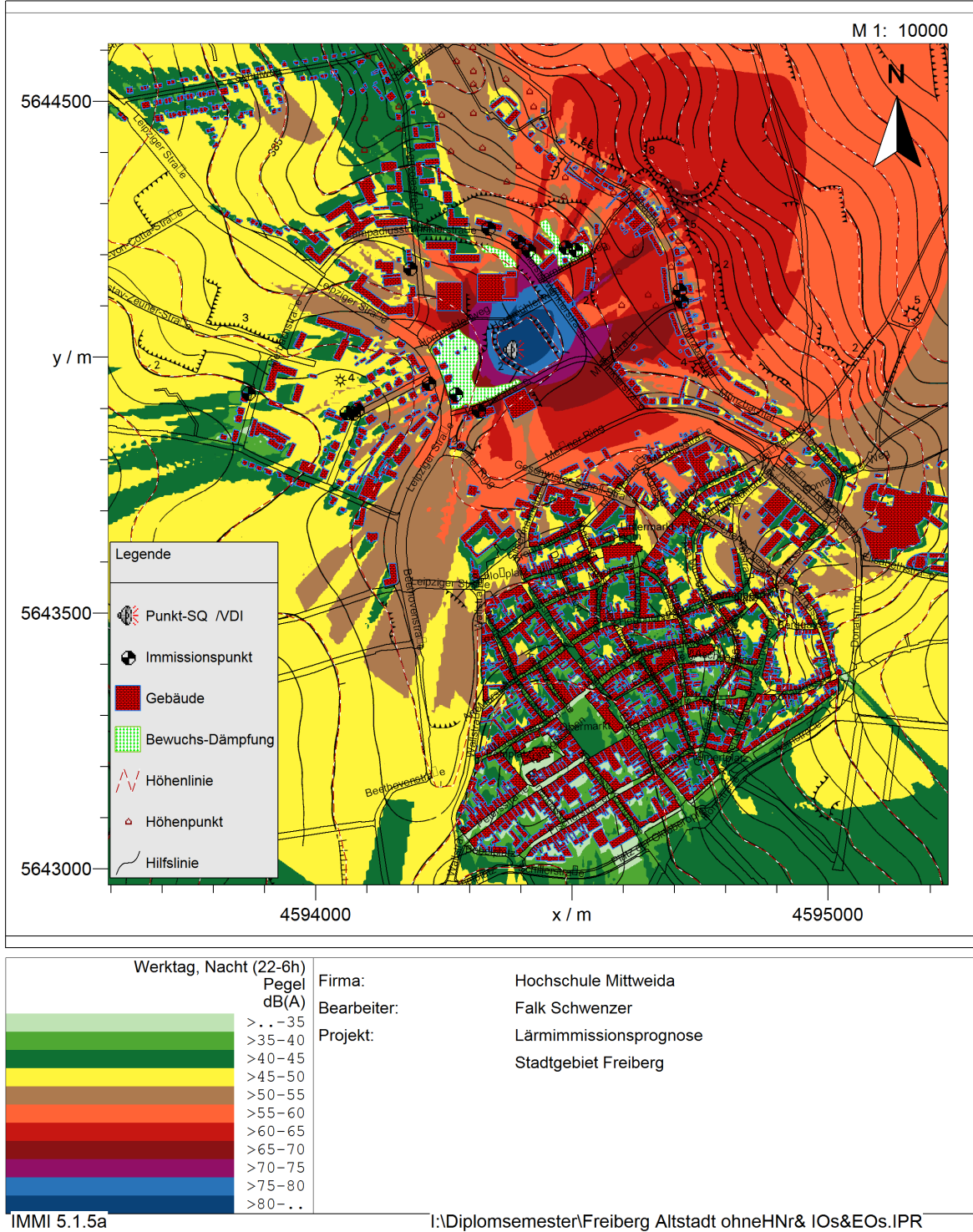


Abbildung 13: Rasterlärnkarte Stadtgebiet Freiberg (reale Lärmimmission Konzert)

4.6.7 Prognose tieffrequenter Geräusche

Tabelle 28: Ergebnisse der berechneten A- bzw. C- bewerteten Pegel an den Immissionsorten

Immissionspunkt	x [m]	y [m]	z [m]	Ges-Peg. [dB(A)]	Ges-Peg. [dB(C)]	Differenz C- A [dB]
Winklerstraße 22 OG1	4594335,7	5644252,7	387,47	54,5	74,2	19,7
Winklerstraße 22 OG2	4594335,7	5644252,7	390,47	56,2	75,1	18,9
Winklerstraße 20 OG1	4594394,29	5644226,42	387,45	63,2	77,8	14,6
Winklerstraße 20 OG2	4594394,29	5644226,42	390,45	64	78,6	14,6
Ledeburstraße 6 OG1	4594317,78	5643896,68	393,92	62,5	82	19,5
Ledeburstraße 6 OG2	4594317,78	5643896,68	397,52	64,2	83,1	18,9
Leipziger Str.17 OG1	4594219,8	5643949,97	398,41	55,6	78,2	22,6
Leipziger Str.17 OG2	4594219,8	5643949,97	401,91	59,4	80,2	20,8
Leipziger Str.18 OG1	4594272,79	5643928,62	396,65	62,2	81,6	19,4
Leipziger Str.18 OG2	4594272,79	5643928,62	400,15	64,8	83,1	18,3
Weisbachstraße11 OG1	4594058,79	5643891,73	403,24	51,9	73,4	21,5
Weisbachstraße11 OG2	4594058,79	5643891,73	406,74	53	74,2	21,2
Hornmühlenweg 7 OG1	4594486,37	5644215,36	385,03	69,1	78,7	9,6
Hornmühlenweg 7 OG2	4594486,37	5644215,36	388,53	69,4	78,9	9,5
Merbachstraße 7 OG1	4593867,93	5643930,38	405,3	44,5	67,6	23,1
Merbachstraße 7 OG3	4593867,93	5643930,38	412,3	49,3	70,3	21
Münzbachtal 24 OG1	4594712,48	5644110,84	381,39	65,1	75,8	10,7
Münzbachtal 24 OG2	4594712,48	5644110,84	384,89	65,6	76	10,4
Münzbachtal 26 OG1	4594709,4	5644131,24	380,51	59,2	73,7	14,5
Münzbachtal 26 OG2	4594709,4	5644131,24	383,51	63	74,8	11,8
Agricolastraße 5 OG1	4594184,02	5644173,99	392,19	50,9	72,1	21,2
Agricolastraße 5 OG2	4594184,02	5644173,99	396,19	53	73,3	20,3

Aus der Ermittlung der Differenz C- und A-bewerteter Pegel sind schädliche Umwelteinwirkungen durch tieffrequente Geräusche an den Immissionsorten Winklerstraße 22, Leipziger Str.17 & 18, Ledeburstraße 6, Weisbachstraße 11, Merbachstraße 7 und Agricolastraße 5 zu erwarten.

4.6.8 Zusammenfassung

Unter Verwendung der gemessenen äquivalenten Dauerschallpegel, sowie der Taktmaximalmittelungspegel sind die Immissionsbeurteilungspegel unter Berücksichtigung der jeweiligen Impulshaltigkeiten ermittelt worden. Die nachfolgende Tabelle zeigt einen Vergleich der prognostizierten Pegel mit den tatsächlichen Beurteilungspegeln.

Tabelle 29: Vergleich der berechneten Pegel mit den ermittelten Beurteilungspegeln

Immissionspunkt	Variante	berechneter Pegel [dB(A)]	L_r [dB(A)]
Weisbachstraße 11 (IP3)	Messeplatz Bühne 20.6.	51,4	50,5
Winklerstraße 20 (IP2)	Messeplatz Bühne 20.6.	69,4	70,7
Hornmühlenweg 7 (IP1)	Messeplatz Bühne 20.6.	60,7	60,5

Die gemessenen Pegel bestätigen die berechneten mit einer geringen Abweichung von max.1,3dB(A).

Aus der Prognoserechnung sind die folgenden Immissionspegel ermittelt und den geltenden Immissionsrichtwerten gegenübergestellt:

Tabelle 30: Vergleich der berechneten Pegel mit den Immissionsrichtwerten

Immissionspunkt	berechneter Pegel [dB(A)]	Immissionsrichtwert nach Freizeitlärmrichtlinie		
		Tageszeit [dB(A)]	Ruhezeit [dB(A)]	Nachtzeit [dB(A)]
Winklerstraße 22 OG2	56	70	65	55
Winklerstraße 20 OG2	64			
Ledeburstraße 6 OG2	64			
Leipziger Str.17 OG2	59			
Leipziger Str.18 OG2	65			
Weisbachstraße11 OG2	53			
Hornmühlenweg 7 OG2	69			
Merbachstraße 7 OG3	49			
Münzbachtal 24 OG2	66			
Münzbachtal 26 OG2	63			
Agricolastraße 5 OG2	53			

Die prognostizierten Pegel zeigen eine Überschreitung des IRW zur Nachtzeit an den Immissionsorten Winklerstraße 20 & 22, Ledeburstraße 6, Leipziger Str.17, Leipziger Str. 18, Hornmühlenweg 7, Münzbachtal 24 & 26.

Aus den gemessenen Pegeln geht ebenfalls eine deutliche Überschreitung des Richtwertes, mit Ausnahme Weisbachstraße 11, hervor.

4.7 Bergstadtfest

4.7.1 Situationsbeschreibung

Anlässlich des 24. Bergstadtfestes in der Stadt Freiberg kam es im Zeitraum vom 25.-28.06.09 zu Lärmemissionen durch verschiedene Bühnen und den Rummelplatz. Für die schalltechnischen Untersuchungen galt es den Rummel auf dem Messeplatz zu betrachten.

4.7.2 Messzeit

Die Lärmimmissionsmessungen erfolgten am 28.06.09 in der Zeit zwischen 22.00 Uhr – 22.30 Uhr an zwei für die Messung geeigneten Immissionsorten.

4.7.3 Messorte

Für die Beurteilung der Immissionen wurden Messungen am Immissionsort Hornmühlenweg 7 und an der Winklerstraße 20 durchgeführt. Bei beiden Messungen wurde neben dem Gebäude in ca. 3m Abstand gemessen.

4.7.4 Messbedingungen

Am Messtag lagen für die durchgeführten Messungen folgende Messbedingungen vor:

Temperatur:	$t_a = 16^\circ\text{C}$
Windgeschwindigkeit:	windstill
Wetter:	wolkig
Mikrofonhöhe:	Hornmühlenweg 7 (IP1): $h = 1,5\text{ m}$ Winklerstraße 20 (IP2): $h = 1,5\text{ m}$

4.7.5 Ergebnisse

Die festgestellten Pegel sind mit dem Programm „-/- Umweltlärm“ des Messgerätes ermittelt worden. Die Auswertung der Messung erfolgte durch die Betrachtung des Abwerteten äquivalenten Dauerschallpegels und des Taktmaximalmittelungspegels.

Die Periodendauer wurde jeweils auf 30s voreingestellt, so dass sich eine Messdauer von je 10min ergab. Die ermittelten Pegel sind der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen:

Tabelle 31: äquivalenter Dauerschallpegel und Taktmaximalmittelungspegel der Messungen

Immissionsort	ausgewertete Messperioden	L_{Aeq} [dB(A)]	L_{AFTeq} [dB(A)]
Hornmühlenweg 7 (IP1)	1-20	48,8	52,9
Winklerstraße 20 (IP2)	1-20	53,4	59,6

Tabelle 32: ermittelte Beurteilungspegel vom Rummel auf dem Messeplatz am 28.06.09

Immissionspunkt	L_r [dB(A)]	IRW Tageszeit [dB(A)]	IRW Ruhezeit [dB(A)]	IRW Nachtzeit [dB(A)]
Hornmühlenweg 7 (IP1)	52,9	70	65	55
Winklerstraße 20 (IP2)	59,6			

Aus der Tabelle ist eine Überschreitung des Immissionsrichtwertes an der Winklerstraße 20 um 4,6dB(A) für die Nachtzeit zu entnehmen. Am Hornmühlenweg 7 ist, wie in der Prognoserechnung zur Nutzung des Messeplatzes für einen Rummel, eine Einhaltung des Richtwertes zu jeder Beurteilungszeit gegeben.

4.8 Überblick der Ergebnisse aus den Messungen

Tabelle 33: vorgefundene Einhaltung bzw. Überschreitung der Richtwerte

Immissionsort	Art der Veranstaltung		
	Bühnenprogramm zu den Studententagen	Bühnenprogramm „Nacht der Wissenschaft und Wirtschaft“	Rummel zum 24. Bergstadtfest
Winklerstraße 20	-	70,7	59,6
Weisbachstraße 11	-	50,5	-
Hornmühlenweg 7	51,7dB(A)	60,5	52,9
Agricolastraße 5	73dB(A)	-	-

- Legende:**
■ Grenzwertüberschreitung im Beurteilungszeitraum
 ■ Grenzwerteinhaltung bzw. Unterschreitung

5. Lärmschutzmöglichkeiten

5.1 Verminderung der Immissionen

5.1.1 Schallschirme

„Ein Schallschirm im engeren Sinne ist eine freistehende Wand, die als Hindernis die Schallausbreitung beeinflusst.“ /14/ S.15

Im weiteren Sinne werden auch andere Abschirmeinrichtungen wie Gebäude, Erdwälle und Geländeerhebungen als Schallschirme in /14/ bezeichnet.

Im erstellten ComputermodeLL konnten verschiedene Abschirmungen aus Angaben wie Abmessungen eines Erdwalls, Schalldämmung(37dB) & Schallabsorption(20dB) für Gabionen, sowie dem Spektrum des Schallabsorptionsgrades für mobile Lärmschutzwände, realisiert werden.

Als effektivste passive Lärmschutzmöglichkeit hat sich die Aufschüttung eines Erdwalls um den Messeplatz erwiesen. Allerdings können mit dieser Maßnahme nur die Immissionsrichtwerte für die Tageszeit und die Ruhezeit für ein Konzert eingehalten werden, falls keine Pegelreduzierung erfolgt. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Ausmaße des berechneten Erdwalls. Die zu erwartenden Immissionen sind in Anlage 1 für die vorgegebenen Immissionsorte enthalten.

Tabelle 34: Lärmschutzmöglichkeiten für Ausschöpfung des IRW an den IOs zur Tageszeit & Ruhezeit

Lärmschutzmöglichkeit	Abmessungen Erdwall [m]	Schallleistungspegel einer Bühne [dB(A)]
Erdwall mit 3 Zugängen	Höhe: 8 Breite Dammkrone: 5 Dammfußbreite: 6	129
Pegelbegrenzung	-	123

Die Nutzung des Messeplatzes für einen Rummel im Nachtzeitraum ist mit den in folgenden Tabellen aufgeführten Maßnahmen möglich:

Tabelle 35: Lärmschutzmöglichkeiten zur Nutzung des Messeplatzes für einen Rummel

Lärmschutzmöglichkeit	Abmessungen [m]	Fläche des Rummels [m²]	Schallleistungspegel des Rummels [dB(A)]
Erdwall	Höhe: 8 Breite Dammkrone: 4 Dammfußbreite: 6	7000	109,5
Gabionenwand Silent Plus [®] /13/	Höhe: 7		109,5

Tabelle 36: Lärmschutzmöglichkeiten für einen Rummel auf 10000m²

Lärmschutzmöglichkeit	Abmessungen [m]	Anzahl dominant lauter Fahrgeschäfte	Schallleistungspegel des Rummels [dB(A)]
mobile Lärmschutzwand CISILENT [®] /10/	Höhe: 7	1	104
Gabionenwand Silent Plus [®] /13/	Höhe: 7		
Erdwall	Höhe: 5 Breite Dammkrone: 4 Dammfußbreite: 6		

Die angegebenen Schallleistungspegel in den Tabellen 35 & 36 sind mit den Formeln (20) und (21) ermittelt worden. In Anlage 1 sind die für jede Lärmschutzmöglichkeit prognostizierten Pegel an den einzelnen Immissionsorten festgehalten.

5.1.2 Auswahl geeigneter Veranstaltungsorte

Die Belastung der angrenzenden allgemeinen Wohngebiete durch Lärm, ist weiterhin durch die Verlegung der Veranstaltungen auf ein anderes Gelände außerhalb der Stadt zu reduzieren. Als Alternative ist hier das Gelände am Fuchsmühlenweg, wie für das Sun Flower Festival zu nennen.

5.1.3 Limitierung der Veranstaltungsdauer und/oder Festlegung der Durchführungszeiten

Die Einhaltung der festgelegten Richtwerte für den Messeplatz kann ohne weitere Maßnahmen durch eine Festlegung der Veranstaltungszeiten realisiert werden. So sollte beispielsweise ein Konzert wie vom 20.06.09 bis 20.00 Uhr beendet sein und an einem Werktag stattfinden. Für diesen Zeitraum sind keine Richtwertüberschreitungen an den Immissionsorten gegeben wie Tabelle 30 zu entnehmen ist.

Wird der Messeplatz für einen Rummel zur Verfügung gestellt, so ist die Einhaltung der Richtwerte nur für die Tageszeit und Ruhezeit ohne Lärmschutzmaßnahmen möglich. In der nachfolgenden Tabelle sind zulässige Zeitdauern berechnet, für welche die vorgefundenen Pegel, trotz Überschreitung der Grenzwerte im Nachtzeitraum, dennoch möglich sind.

Tabelle 37: maximal zulässige Zeitdauer der Beurteilungspegel bei überschrittenen Immissionsrichtwerten nach Gleichung (25) umgestellt nach T_i

Veranstaltungsart	Immissionsort	Vorgefundener Beurteilungspegel [dB(A)]	IRW nach Freizeitlärmrichtlinie [dB(A)]	Maximal zulässige Zeit im Beurteilungszeitraum „Nacht“ [min]
Rummel zum 24. Bergstadtfest	Winklerstraße 20	59,6	55	20
Konzert „Polarkreis 18“ Messeplatz 20.06.09	Winklerstraße 20	70,7		1,6
Konzert „Polarkreis 18“ Messeplatz 20.06.09	Hornmühlenweg 7	60,5		16

Hieraus ist beispielsweise ersichtlich, dass der vorgefundene Pegel verursacht durch den Rummel auf der Winklerstraße 20 den Grenzwert für den gesamten Nachtzeitraum überschreitet, doch für eine Zeit von 20min dennoch zulässig ist.

5.1.4 Optimale Ausrichtung der Lautsprecher in Richtung Publikum

Die eingesetzten Beschallungsanlagen sollten nicht direkt auf dem Boden stehen, sondern möglichst von einer erhöhten Position auf das Publikum ausgerichtet werden. Als Resultat werden dadurch Reflexionen vom Boden reduziert und der Schall gezielter auf das Publikum gerichtet. Der Erfolg dieser Maßnahme wird maßgeblich von der Richtcharakteristik der eingesetzten Lautsprecher, der Anzahl, sowie der Schallleistungspegel abhängig sein.

5.1.5 Einsatz von Lautsprechern mit hoher Richtcharakteristik

Um die Ausbreitung der Lärmimmissionen zu unterbinden und nur den Ort zu beschallen für den letztendlich die musikalische Unterhaltung erwünscht ist, sind Boxen mit hoher Richtcharakteristik einzusetzen. Dabei sollten auch Bass-Lautsprecher eine Abstrahlrichtung auf das Publikum besitzen.

5.1.6 Auflagen für die Veranstalter

Auf allen betrachteten Veranstaltungsplätzen ist von einer Durchführung von insgesamt mehr als 10 Veranstaltungen pro Kalenderjahr und mehr als an zwei aufeinander folgenden Wochenenden abzusehen, da sonst die Immissionsrichtwerte für Allgemeine Wohngebiete nach TA Lärm gelten und dadurch noch drastischere Lärminderungsmaßnahmen erforderlich wären.

In der nachfolgenden Tabelle sind die zulässigen Schallleistungspegel aufgeführt, die für Freiluftbühnen mit der angegebenen Position gerade noch zum einhalten der Richtwerte führen.

Tabelle 38: zulässige Schallleistungspegel für eine Bühne auf dem Messeplatz für den jeweiligen Beurteilungszeitraum

Position der Bühne in Gauß-Krüger- Koordinaten	Zeitraum	Zulässiger Schallleistungspegel [dB(A)]	prognostizierter Ges.-Pegel Winklerstraße 12 OG2 [dB(A)]
Messeplatz x/m: 4594386,18 y/m: 5644013,18	Tageszeit	123	70
	Ruhezeit	118	65
	Nacht	108	55

5.2 Begrenzung der Emissionen

5.2.1 Festlegung und Nachweis eines Maximalwertes für die Bühnenemissionen

Eine sehr effektive Möglichkeit unzulässige Immissionen auf die umliegenden Gebäude zu verhindern, ist die Festlegung eines maximalen Schallleistungspegels. Da die Bestimmung dieser Größe mit hohem Aufwand verbunden ist, sollte zur Orientierung in einer definierten Entfernung zur Bühne auf dem Messeplatz ein Pegelmesser fest installiert werden. Der nächstgelegene maßgebliche Immissionsort Winklerstraße 12 ist geeignet die Einhaltung der Richtwerte für die jeweilige Beurteilungszeit nachzuweisen. Eine Möglichkeit dafür ist die Festinstallation eines Pegelmessers vor dem Gebäude Winklerstraße 12 in einer Höhe von 5m über dem Boden und einem ausreichenden Abstand. Das Gerät wird dann bei Veranstaltungen auf dem Messeplatz aktiviert und könnte z.B. durch ein Lichtsignal (bei Überschreitung des Grenzwertes) oder auch drahtlose Datenübertragung den vorherrschenden Pegel vor dem Gebäude anzeigen. Dadurch können die Veranstalter ihre Musikanlagen hinsichtlich Schallpegel anpassen.

5.2.2 Festlegung zur Position und Ausrichtung der Beschallungsanlage

Für Zirkusveranstaltungen hat sich durch die Prognoserechnung erwiesen, dass die Ausrichtung und Position des Zirkuszeltens einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss hat. Wird die zur Lärmimmissionsprognose verwendete Position und Ausrichtung nicht umgesetzt, so kann es zu einem Pegel über 55dB(A) an der Winklerstraße 12 kommen.

Zur Nutzung des Messeplatzes für einen Rummel, ist auf die Aufstellung dominant lauter Fahrgeschäfte zu achten. Es sollten für solche Anlagen Stellplätze im Zentrum des Platzes gewählt werden und in möglichst großer Entfernung zur Winklerstraße bzw. Ledeburstraße.

Die Position für eine Bühne auf dem Messeplatz sollte nach Tabelle 38 und mit einer Abstrahlrichtung nach Nord-Osten realisiert werden, um die angegebenen Schallleistungspegel von der Winklerstraße 12 aus überprüfen zu können.

5.2.3 Live-Überwachungen und Pegeleinmessungen zur Gewährleistung von behördlichen Auflagen

Für die Nachweismöglichkeit zur Einhaltung von Grenzwerten in den jeweiligen Beurteilungszeiträumen, ist während einer Veranstaltung auf dem Messeplatz am nächstgelegenen maßgeblichen Immissionsort eine Lärmimmissionsmessung nach DIN 45645-1 durchzuführen. Dafür geeignet ist die Winklerstraße 12 im obersten Stockwerk. Die Messung sollte dabei mit einem geeigneten Schallpegelmesser nach DIN IEC 651/18/, wie z.B. im Ordnungsamt vorhanden, 0,5m vor dem geöffneten Fenster erfolgen. Zur Abschätzung der zulässigen Schallleistungspegel ist die Anlage vor der Veranstaltung am gleichen Immissionsort einzumessen.

5.2.4 Einsatz von Pegelbegrenzern

Diese Lärmschutzmöglichkeit ist hauptsächlich für die Anwendung bei elektroakustischen Anlagen zu Konzerten realisierbar. Die Einmessung solcher Begrenzer sollte dabei nach DIN 15905-5 erfolgen, um die Einhaltung der Immissionsrichtwerte nachweisen zu können. Das nachfolgende Bild verdeutlicht wo der Pegelbegrenzer zum Einsatz kommt.

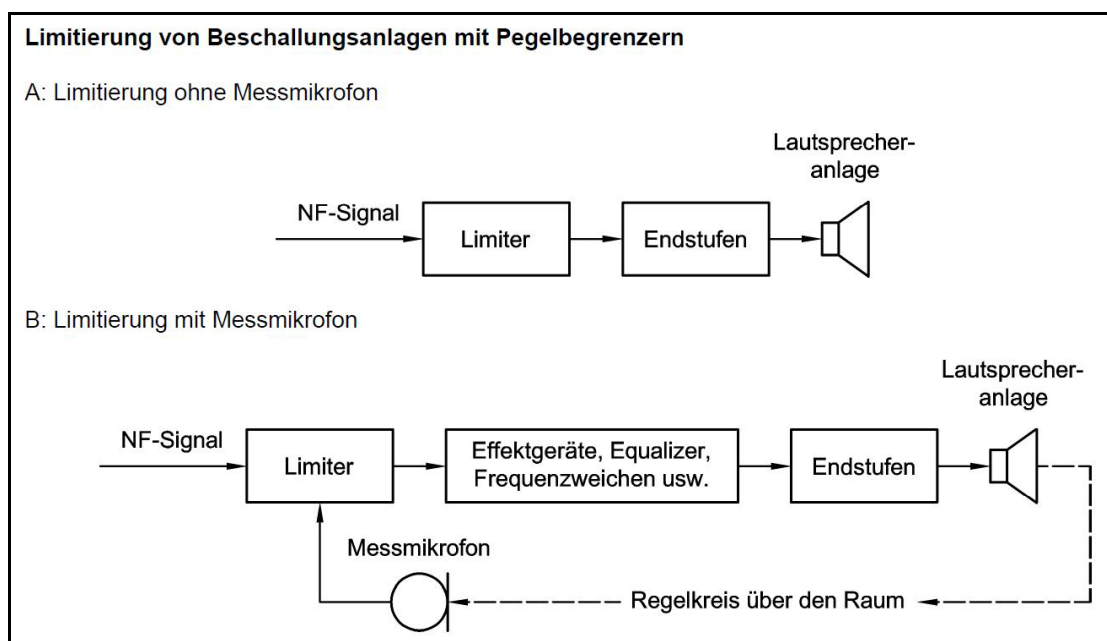


Abbildung 14: Umsetzung von Pegelbegrenzern nach DIN 15905-5 /19/

5.3 Überblick der möglichen Lärmschutzmaßnahmen

Tabelle 39: Zusammenfassung der Lärmschutzkonzepte

Art der Veranstaltung auf dem Messeplatz	Lärmschutzmöglichkeit	Gliederungs- punkt	Wirkung/ Nutzen	Kosten	Einhaltung der IRWs im Beurteilungszeitraum
Konzert	Pegelbegrenzer	5.1.6 5.2.4	beliebig bis zur Einhaltung aller IRWs/hoch	gering	Tag, Ruhe, Nacht
	Schallschirme	5.1.1	gering/ niedrig	enorm	Tag, Ruhe
	Verlegung der Veranstaltung auf anderes Gelände	5.1.2	hoch	gering	Tag, Ruhe, Nacht
	Limitierung der Veranstaltungsdauer	5.1.3	hoch	keine	Tag
	Einsatz von Lautsprechern hoher Richtcharakteristik	5.1.5	gering	keine	Messung erforderlich
	Position und Ausrichtung der Bühne	5.2.2	gering	keine	Tag, Ruhe, Nacht in Verbindung mit Überwachungsmessung
Zirkus	Pegelbegrenzer	5.2.4	beliebig bis zur Einhaltung aller IRWs/hoch	gering	Tag, Ruhe, Nacht
	Position und Ausrichtung des Zeltes	5.2.2	hoch	keine	Tag, Ruhe, Nacht
Rummel	Schallschirme	5.1.1	mäßig	enorm	Tag, Ruhe, Nacht
	Optimierung der Position dominant lauter Fahrgeschäfte	5.2.2	mittel	keine	Messung erforderlich
	Limitierung der Veranstaltungsdauer	5.1.3	optimal	keine	Tag, Ruhe

Die voranstehende Tabelle zeigt die Maßnahmen, welche zur Einhaltung der Richtwerte bezogen auf die jeweilige Veranstaltung führen.

Als optimale Lösung für die Durchführung eines Konzertes auf dem Messeplatz, bei dem alle Immissionsrichtwerte eingehalten werden, ist der Einsatz von Pegelbegrenzern in Verbindung mit einer Überwachungsmessung, Berücksichtigung der Bühnenposition und Abstrahlrichtung erforderlich.

Für die Durchführung eines Rummels ist zu prüfen, ob die optimierte Aufstellung dominant lauter Fahrgeschäfte im Zentrum des Messeplatzes zur Einhaltung aller Richtwerte führt. Wird nicht von einer Schließung des Rummels nach 22.00 Uhr

abgesehen, so können nur relativ hohe Lärmschutzwände oder Überwachungsmessungen zur Einhaltung der Immissionsrichtwerte führen. Da hierfür das Verhältnis von Kosten und Aufwand enorm ist, sollte eine solche Veranstaltung auf die Tages- und Ruhezeit limitiert werden.

Zirkusveranstaltungen können durch günstige Positionierung des Zeltes und Abstrahlungsrichtung der Bühne zu allen Beurteilungszeiten uneingeschränkt stattfinden.

Die Schlussfolgerungen zeigen, dass eine Einhaltung der Grenzwerte mit vertretbarem Aufwand nur durch die Kombination verschiedener Einzelmaßnahmen erreicht wird. Bereits einfache organisatorische Maßnahmen, wie die Anordnung von Bühnen, Lautsprechern, Zirkuszelten und Fahrgeschäften tragen bereits zur Reduzierung der Schallemission bei. Besonders wirkungsvoll dürfte die Pegelüberwachung mittels entsprechender Messtechnik sein. Da bei der Einstellung der Lautstärke von Verstärkeranlagen immer das subjektive Empfinden des verantwortlichen Bühnentechnikers den Schallpegel bestimmt, dürfte eine messtechnische Erfassung gute Argumente für Auflagen zur Begrenzung der Lautstärke der Musikanlage liefern. Insbesondere Baumaßnahmen sind sehr kostenintensiv und kaum als Einzelprojekt geeignet das Problem der zu hohen Schallemission zu lösen.

6. Qualität der Ergebnisse

Der eingesetzte Schallpegelmesser entspricht der Genauigkeitsklasse I nach DIN IEC 651 und hat eine Messgenauigkeit von ± 1 dB.

Bei der Ermittlung der Gebäudehöhen wurde eine Geschosshöhe von 3m bzw. 3,5m angenommen und mit der jeweiligen Anzahl der Geschosse die Höhe eines jeden Gebäudes (insgesamt 1505 Gebäude) ermittelt. In der folgenden Tabelle wird von der Lärmemission der Bühne auf dem Mensavorplatz am 13.05.09 ausgegangen und die prognostizierten Pegel mit denen für 3m erhöhte Gebäude verglichen. Durch die Erhöhung können somit die vernachlässigten Bedachungen simuliert werden.

Tabelle 40: Vergleich der Lärmimmissionen zu 2m erhöhten Gebäuden

Immissionsberechnung für veränderte Gebäudehöhen					Gebäudehöhe = Geschossigkeit	Gebäudehöhe = Geschossigkeit +2m	
Immissionspunkt	x [m]	y [m]	z [m]	Variante	Ges-Peg. [dB(A)]		Abwei- chung [dB(A)]
Winklerstraße 22 OG1	4594335,7	5644252,7	386,27	Emission Mensa 13.5.	55	55	0
Winklerstraße 22 OG2	4594335,7	5644252,7	389,27	Emission Mensa 13.5.	55,6	55,6	0
Winklerstraße 20 OG1	4594394,29	5644226,42	386,25	Emission Mensa 13.5.	72,4	72,4	0
Winklerstraße 20 OG2	4594394,29	5644226,42	389,25	Emission Mensa 13.5.	72,9	72,9	0
Ledeburstraße 6 OG1	4594317,78	5643896,68	392,22	Emission Mensa 13.5.	60,4	60,4	0
Ledeburstraße 6 OG2	4594317,78	5643896,68	395,72	Emission Mensa 13.5.	62,2	62,1	0,1
Leipziger Str.17 OG1	4594219,8	5643949,97	397,41	Emission Mensa 13.5.	53,1	52	1,1
Leipziger Str.17 OG2	4594219,8	5643949,97	400,91	Emission Mensa 13.5.	55,4	54,4	1
Leipziger Str.18 OG1	4594272,79	5643928,62	395,15	Emission Mensa 13.5.	59,6	59,6	0
Leipziger Str.18 OG2	4594272,79	5643928,62	398,65	Emission Mensa 13.5.	64,2	64,2	0
Weisbachstraße11 OG1	4594058,79	5643891,73	401,74	Emission Mensa 13.5.	46,8	46,1	0,7
Weisbachstraße11 OG2	4594058,79	5643891,73	405,24	Emission Mensa 13.5.	50,6	49,2	1,4
Hornmühlenweg 7 OG1	4594486,37	5644215,36	385,03	Emission Mensa 13.5.	64,1	64,1	0
Hornmühlenweg 7 OG2	4594486,37	5644215,36	388,53	Emission Mensa 13.5.	65,2	64,3	0,9
Merbachstraße 7 OG1	4593867,93	5643930,38	403,8	Emission Mensa 13.5.	51,7	51	0,7
Merbachstraße 7 OG3	4593867,93	5643930,38	410,8	Emission Mensa 13.5.	56,8	56,6	0,2
Münzbachtal 24 OG1	4594712,48	5644110,84	380,38	Emission Mensa 13.5.	49,4	48,8	0,6

Münzbachtal 24 OG2	4594712,48	5644110,84	383,88	Emission Mensa 13.5.	52	50,3	1,7
Münzbachtal 26 OG1	4594709,4	5644131,24	379,51	Emission Mensa 13.5.	50,6	49,8	0,8
Münzbachtal 26 OG2	4594709,4	5644131,24	382,51	Emission Mensa 13.5.	52,2	51,9	0,3
Agricolastraße 5 EG	4594184,02	5644173,99	389,69	Emission Mensa 13.5.	72,5	72,5	0
Agricolastraße 5 OG1	4594184,02	5644173,99	391,19	Emission Mensa 13.5.	73	73	0
Agricolastraße 5 OG2	4594184,02	5644173,99	394,19	Emission Mensa 13.5.	73,7	73,5	0,2
IP Untermarkt	4594660	5643673,73	393,68	Emission Mensa 13.5.	47,1	47,1	0
IP Obermarkt	4594517,72	5643290,21	404	Emission Mensa 13.5.	49,1	48,4	0,7
IP Helmertplatz	4594796,1	5643212,27	397,21	Emission Mensa 13.5.	38,9	38,9	0
IP Krankenhaus	4595065,82	5643686,11	392,79	Emission Mensa 13.5.	42,7	42,7	0

In der Spalte „Abweichung“ sind die Differenzen der beiden Ges-Peg.-Spalten gebildet worden. Im direkten Vergleich sind nur geringfügige Pegelverringerungen erzielt worden, was auch die berechneten Pegeldifferenzen zeigen.

Da zur Prognoserechnung unter anderem die Norm DIN ISO 9613-2 berücksichtigt wurde, sind die Berechnungen in die Genauigkeitsklasse 2 einzuordnen.

7. Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit ist die Prognostizierung von Lärmimmissionen durch verschiedene Veranstaltungen an definierten Immissionsorten, sowie im Stadtgebiet von Freiberg. Besondere Aufmerksamkeit galt dem Messeplatz und den darauf durchgeführten bzw. möglichen Veranstaltungen.

Mit der Durchführung von Lärmimmissionsmessungen zu einigen Veranstaltungen konnten teilweise Grenzwertüberschreitungen festgestellt und nachgewiesen werden, welche durch die angefertigten Prognosen belegt werden können. Mit Hilfe der berechneten Rasterlärmkarten wurde die jeweilige Lärmsituation, bezogen auf die Altstadt und das Campusgebiet der TU Bergakademie, visualisiert.

Die Beurteilung der gewonnenen Ergebnisse erfolgte nach Anhang B: Freizeitlärmrichtlinie der Musterverwaltungsvorschrift unter dem Gesichtspunkt, dass die betrachteten Veranstaltungen als seltene Ereignisse betrachtet werden können.

Um die Zulässigkeit für Zirkusgastspiele, einen Rummel und Freiluftveranstaltungen auf dem Messeplatz zu gewährleisten, konnten im Rahmen dieser Arbeit zahlreiche Lärmschutzmöglichkeiten aufgezeigt werden.

Als wirtschaftlichste Möglichkeit eine Grenzwertüberschreitung für jeden Beurteilungszeitraum zu vermeiden, hat sich die Begrenzung des Schalleistungspegels ausgehend von den eingesetzten Bühnen herausgestellt. Um diese Maßnahme umsetzen zu können sind Überwachungsmessungen durchzuführen.

8. Ausblick

Im Hinblick auf zukünftige Veranstaltungen in Freiberg sollte davon abgesehen werden eine Durchführung dieser von mehr als an 10 Tagen eines Kalenderjahres und an nicht mehr als 2 aufeinander folgenden Wochenenden zu genehmigen. Andernfalls ist eine Beurteilung mit Grenzwerten für seltene Ereignisse nach Freizeitlärmrichtlinie nicht mehr möglich und es gelten dann die strengeren Immissionsrichtwerte, festgelegt nach der jeweiligen Gebietsnutzung. Als Folge sind großflächige Überschreitungen der zulässigen Pegel, im konkreten Fall für allgemeine Wohngebiete, zu erwarten. Die erforderlichen Maßnahmen zur Einhaltung von 40dB(A) im Nachtzeitraum eines allgemeinen Wohngebietes sind nur mit wesentlich drastischeren Mitteln, wie der Verlegung des Veranstaltungsortes, möglich.

Es sollten auch Überlegungen hinsichtlich Lärmschutzwände erfolgen. Hierin besteht der Vorteil, die Veranstalter nicht kontrollieren zu müssen und so kontinuierlich Ausgaben für Nachweismessungen einzusparen.

Anlage 1: Immissionspegel mit Lärmschutzmaßnahmen

Tabelle 41: Lärmimmissionen an den Immissionsorten für eine Bühne auf dem Messeplatz mit
L_{WA}=129dB(A) und Lärmschutzwall nach Tabelle 34

Immissionspunkt	x [m]	y [m]	z [m]	Ges- Peg. [dB(A)]	Tageszeit IRW [dB(A)]	Ruhezeit IRW [dB(A)]	Nachtzeit IRW [dB(A)]
Winklerstraße 22 OG1	4594335,7	5644252,7	387,47	57,3	70	65	55
Winklerstraße 22 OG2	4594335,7	5644252,7	390,47	58,7	70	65	55
Winklerstraße 20 OG1	4594394,29	5644226,42	387,45	60,1	70	65	55
Winklerstraße 20 OG2	4594394,29	5644226,42	390,45	62,1	70	65	55
Ledeburstraße 6 OG1	4594317,78	5643896,68	393,6	56,1	70	65	55
Ledeburstraße 6 OG2	4594317,78	5643896,68	397,2	57,9	70	65	55
Leipziger Str.17 OG1	4594219,8	5643949,97	398,36	51,9	70	65	55
Leipziger Str.17 OG2	4594219,8	5643949,97	401,86	55,8	70	65	55
Leipziger Str.18 OG1	4594272,79	5643928,62	396,43	56,4	70	65	55
Leipziger Str.18 OG2	4594272,79	5643928,62	399,93	60,4	70	65	55
Weisbachstraße11 OG1	4594058,79	5643891,73	403,24	48,9	70	65	55
Weisbachstraße11 OG2	4594058,79	5643891,73	406,74	50,5	70	65	55
Hornmühlenweg 7 OG1	4594486,37	5644215,36	385,03	62,6	70	65	55
Hornmühlenweg 7 OG2	4594486,37	5644215,36	388,53	64,7	70	65	55
Merbachstraße 7 OG1	4593867,93	5643930,38	405,3	43	70	65	55
Merbachstraße 7 OG3	4593867,93	5643930,38	412,3	47,3	70	65	55
Münzbachtal 24 OG1	4594712,48	5644110,84	381,39	63	70	65	55
Münzbachtal 24 OG2	4594712,48	5644110,84	384,89	62,8	70	65	55
Münzbachtal 26 OG1	4594709,4	5644131,24	380,51	58,4	70	65	55
Münzbachtal 26 OG2	4594709,4	5644131,24	383,51	61,8	70	65	55
Agricolastraße 5 OG1	4594184,02	5644173,99	392,19	49,2	70	65	55
Agricolastraße 5 OG2	4594184,02	5644173,99	396,19	51,5	70	65	55

Tabelle 42: Lärmimmissionen an den Immissionsorten für eine Bühne auf dem Messeplatz mit
 $L_{WA}=123\text{dB(A)}$ ohne Lärmschutzwall nach Tabelle 34

Immissionspunkt	x [m]	y [m]	z [m]	Ges- Peg. [dB(A)]	Tageszeit IRW [dB(A)]	Ruhezeit IRW [dB(A)]	Nachtzeit IRW [dB(A)]
Winklerstraße 22 OG1	4594335,7	5644252,7	387,47	50,4	70	65	55
Winklerstraße 22 OG2	4594335,7	5644252,7	390,47	52,1	70	65	55
Winklerstraße 20 OG1	4594394,29	5644226,42	387,45	59,1	70	65	55
Winklerstraße 20 OG2	4594394,29	5644226,42	390,45	59,9	70	65	55
Ledeburstraße 6 OG1	4594317,78	5643896,68	393,6	58,5	70	65	55
Ledeburstraße 6 OG2	4594317,78	5643896,68	397,2	60,2	70	65	55
Leipziger Str.17 OG1	4594219,8	5643949,97	398,36	51,6	70	65	55
Leipziger Str.17 OG2	4594219,8	5643949,97	401,86	55,4	70	65	55
Leipziger Str.18 OG1	4594272,79	5643928,62	396,43	58,2	70	65	55
Leipziger Str.18 OG2	4594272,79	5643928,62	399,93	60,8	70	65	55
Weisbachstraße11 OG1	4594058,79	5643891,73	403,24	47,9	70	65	55
Weisbachstraße11 OG2	4594058,79	5643891,73	406,74	49	70	65	55
Hornmühlenweg 7 OG1	4594486,37	5644215,36	385,03	65	70	65	55
Hornmühlenweg 7 OG2	4594486,37	5644215,36	388,53	65,3	70	65	55
Merbachstraße 7 OG1	4593867,93	5643930,38	405,3	40,5	70	65	55
Merbachstraße 7 OG3	4593867,93	5643930,38	412,3	45,3	70	65	55
Münzbachtal 24 OG1	4594712,48	5644110,84	381,39	61,2	70	65	55
Münzbachtal 24 OG2	4594712,48	5644110,84	384,89	61,7	70	65	55
Münzbachtal 26 OG1	4594709,4	5644131,24	380,51	55,3	70	65	55
Münzbachtal 26 OG2	4594709,4	5644131,24	383,51	59,1	70	65	55
Agricolastraße 5 OG1	4594184,02	5644173,99	392,19	46,9	70	65	55
Agricolastraße 5 OG2	4594184,02	5644173,99	396,19	49	70	65	55

Tabelle 43: Lärmimmissionen an den Immissionsorten für einen Rummel auf 7000m² mit 7m hoher Gabionenwand

Immissionspunkt	x [m]	y [m]	z [m]	Ges- Peg. [dB(A)]	Tageszeit IRW [dB(A)]	Ruhezeit IRW [dB(A)]	Nachtzeit IRW [dB(A)]
Winklerstraße 22 OG1	4594335,7	5644252,7	387,47	43,2	70	65	55
Winklerstraße 22 OG2	4594335,7	5644252,7	390,47	44,4	70	65	55
Winklerstraße 20 OG1	4594394,29	5644226,42	387,45	49,1	70	65	55
Winklerstraße 20 OG2	4594394,29	5644226,42	390,45	50	70	65	55
Ledeburstraße 6 OG1	4594317,78	5643896,68	393,6	46,9	70	65	55
Ledeburstraße 6 OG2	4594317,78	5643896,68	397,2	48,5	70	65	55
Leipziger Str.17 OG1	4594219,8	5643949,97	398,36	42,6	70	65	55
Leipziger Str.17 OG2	4594219,8	5643949,97	401,86	45,7	70	65	55
Leipziger Str.18 OG1	4594272,79	5643928,62	396,43	46,9	70	65	55
Leipziger Str.18 OG2	4594272,79	5643928,62	399,93	49,7	70	65	55
Weisbachstraße11 OG1	4594058,79	5643891,73	403,24	38,2	70	65	55
Weisbachstraße11 OG2	4594058,79	5643891,73	406,74	39,9	70	65	55
Hornmühlenweg 7 OG1	4594486,37	5644215,36	385,03	46,3	70	65	55
Hornmühlenweg 7 OG2	4594486,37	5644215,36	388,53	47,2	70	65	55
Merbachstraße 7 OG1	4593867,93	5643930,38	405,3	33,5	70	65	55
Merbachstraße 7 OG3	4593867,93	5643930,38	412,3	37	70	65	55
Münzbachtal 24 OG1	4594712,48	5644110,84	381,39	44,7	70	65	55
Münzbachtal 24 OG2	4594712,48	5644110,84	384,89	45,2	70	65	55
Münzbachtal 26 OG1	4594709,4	5644131,24	380,51	42,2	70	65	55
Münzbachtal 26 OG2	4594709,4	5644131,24	383,51	44,1	70	65	55
Agricolastraße 5 OG1	4594184,02	5644173,99	392,19	42	70	65	55
Agricolastraße 5 OG2	4594184,02	5644173,99	396,19	44	70	65	55
Winklerstraße 12 OG2	4594509,02	5644073,2	391,2	55,5	70	65	55

Tabelle 44: Lärmimmissionen an den Immissionsorten für einen Rummel auf 10000m² mit 7m hoher Gabionenwand und L_{WA}=104dB(A)

Immissionspunkt	x [m]	y [m]	z [m]	Ges-Peg. [dB(A)]	Tageszeit IRW [dB(A)]	Ruhezeit IRW [dB(A)]	Nachtzeit IRW [dB(A)]
Winklerstraße 22 OG1	4594335,7	5644252,7	387,47	38,2	70	65	55
Winklerstraße 22 OG2	4594335,7	5644252,7	390,47	39,2	70	65	55
Winklerstraße 20 OG1	4594394,29	5644226,42	387,45	44,1	70	65	55
Winklerstraße 20 OG2	4594394,29	5644226,42	390,45	45	70	65	55
Ledeburstraße 6 OG1	4594317,78	5643896,68	393,6	40,7	70	65	55
Ledeburstraße 6 OG2	4594317,78	5643896,68	397,2	42,6	70	65	55
Leipziger Str.17 OG1	4594219,8	5643949,97	398,36	36,4	70	65	55
Leipziger Str.17 OG2	4594219,8	5643949,97	401,86	39,6	70	65	55
Leipziger Str.18 OG1	4594272,79	5643928,62	396,43	39,5	70	65	55
Leipziger Str.18 OG2	4594272,79	5643928,62	399,93	42,3	70	65	55
Weisbachstraße11 OG1	4594058,79	5643891,73	403,24	31,9	70	65	55
Weisbachstraße11 OG2	4594058,79	5643891,73	406,74	33,7	70	65	55
Hornmühlenweg 7 OG1	4594486,37	5644215,36	385,03	40,8	70	65	55
Hornmühlenweg 7 OG2	4594486,37	5644215,36	388,53	41,7	70	65	55
Merbachstraße 7 OG1	4593867,93	5643930,38	405,3	28	70	65	55
Merbachstraße 7 OG3	4593867,93	5643930,38	412,3	31,2	70	65	55
Münzbachtal 24 OG1	4594712,48	5644110,84	381,39	40,3	70	65	55
Münzbachtal 24 OG2	4594712,48	5644110,84	384,89	41,1	70	65	55
Münzbachtal 26 OG1	4594709,4	5644131,24	380,51	37,9	70	65	55
Münzbachtal 26 OG2	4594709,4	5644131,24	383,51	40,1	70	65	55
Agricolastraße 5 OG1	4594184,02	5644173,99	392,19	36,5	70	65	55
Agricolastraße 5 OG2	4594184,02	5644173,99	396,19	38,4	70	65	55
Winklerstraße 12 OG2	4594509,02	5644073,2	391,2	53	70	65	55

Tabelle 45: Lärmimmissionen an den Immissionsorten für einen Rummel auf 7000m² mit 8m hohem Erdwall

Immissionspunkt	x [m]	y [m]	z [m]	Ges- Peg. [dB(A)]	Tageszeit IRW [dB(A)]	Ruhezeit IRW [dB(A)]	Nachtzeit IRW [dB(A)]
Winklerstraße 22 OG1	4594335,7	5644252,7	387,47	43,1	70	65	55
Winklerstraße 22 OG2	4594335,7	5644252,7	390,47	44,1	70	65	55
Winklerstraße 20 OG1	4594394,29	5644226,42	387,45	47,3	70	65	55
Winklerstraße 20 OG2	4594394,29	5644226,42	390,45	48,1	70	65	55
Ledeburstraße 6 OG1	4594317,78	5643896,68	393,6	45,2	70	65	55
Ledeburstraße 6 OG2	4594317,78	5643896,68	397,2	47,4	70	65	55
Leipziger Str.17 OG1	4594219,8	5643949,97	398,36	41,9	70	65	55
Leipziger Str.17 OG2	4594219,8	5643949,97	401,86	44,8	70	65	55
Leipziger Str.18 OG1	4594272,79	5643928,62	396,43	45,1	70	65	55
Leipziger Str.18 OG2	4594272,79	5643928,62	399,93	48,6	70	65	55
Weisbachstraße11 OG1	4594058,79	5643891,73	403,24	37,4	70	65	55
Weisbachstraße11 OG2	4594058,79	5643891,73	406,74	39,5	70	65	55
Hornmühlenweg 7 OG1	4594486,37	5644215,36	385,03	45,1	70	65	55
Hornmühlenweg 7 OG2	4594486,37	5644215,36	388,53	45,8	70	65	55
Merbachstraße 7 OG1	4593867,93	5643930,38	405,3	33	70	65	55
Merbachstraße 7 OG3	4593867,93	5643930,38	412,3	36,2	70	65	55
Münzbachtal 24 OG1	4594712,48	5644110,84	381,39	43,1	70	65	55
Münzbachtal 24 OG2	4594712,48	5644110,84	384,89	43,6	70	65	55
Münzbachtal 26 OG1	4594709,4	5644131,24	380,51	41,7	70	65	55
Münzbachtal 26 OG2	4594709,4	5644131,24	383,51	43,4	70	65	55
Agricolastraße 5 OG1	4594184,02	5644173,99	392,19	41,7	70	65	55
Agricolastraße 5 OG2	4594184,02	5644173,99	396,19	43,4	70	65	55
Winklerstraße 12 OG2	4594509,02	5644073,2	391,2	53,5	70	65	55

Tabelle 46: Lärmimmissionen an den Immissionsorten für einen Rummel auf 10000m² mit 7m hoher mobiler Lärmschutzwand CISILENT und L_{WA}=104dB(A)

Immissionspunkt	x [m]	y [m]	z [m]	Ges- Peg. [dB(A)]	Tageszeit IRW [dB(A)]	Ruhezeit IRW [dB(A)]	Nachtzeit IRW [dB(A)]
Winklerstraße 22 OG1	4594335,7	5644252,7	387,47	38,2	70	65	55
Winklerstraße 22 OG2	4594335,7	5644252,7	390,47	39,2	70	65	55
Winklerstraße 20 OG1	4594394,29	5644226,42	387,45	44,2	70	65	55
Winklerstraße 20 OG2	4594394,29	5644226,42	390,45	45,1	70	65	55
Ledeburstraße 6 OG1	4594317,78	5643896,68	393,6	40,7	70	65	55
Ledeburstraße 6 OG2	4594317,78	5643896,68	397,2	42,7	70	65	55
Leipziger Str.17 OG1	4594219,8	5643949,97	398,36	36,5	70	65	55
Leipziger Str.17 OG2	4594219,8	5643949,97	401,86	39,6	70	65	55
Leipziger Str.18 OG1	4594272,79	5643928,62	396,43	39,6	70	65	55
Leipziger Str.18 OG2	4594272,79	5643928,62	399,93	42,4	70	65	55
Weisbachstraße11 OG1	4594058,79	5643891,73	403,24	31,9	70	65	55
Weisbachstraße11 OG2	4594058,79	5643891,73	406,74	33,7	70	65	55
Hornmühlenweg 7 OG1	4594486,37	5644215,36	385,03	40,8	70	65	55
Hornmühlenweg 7 OG2	4594486,37	5644215,36	388,53	41,7	70	65	55
Merbachstraße 7 OG1	4593867,93	5643930,38	405,3	28	70	65	55
Merbachstraße 7 OG3	4593867,93	5643930,38	412,3	31,2	70	65	55
Münzbachtal 24 OG1	4594712,48	5644110,84	381,39	40,3	70	65	55
Münzbachtal 24 OG2	4594712,48	5644110,84	384,89	41,1	70	65	55
Münzbachtal 26 OG1	4594709,4	5644131,24	380,51	37,9	70	65	55
Münzbachtal 26 OG2	4594709,4	5644131,24	383,51	40,1	70	65	55
Agricolastraße 5 OG1	4594184,02	5644173,99	392,19	36,5	70	65	55
Agricolastraße 5 OG2	4594184,02	5644173,99	396,19	38,4	70	65	55
Winklerstraße 12 OG2	4594509,02	5644073,2	391,2	53,3	70	65	55

Tabelle 47: Lärmimmissionen an den Immissionsorten für einen Rummel auf 10000m² mit 5m hohem Erdwall und L_{WA}=104dB(A)

Immissionspunkt	x [m]	y [m]	z [m]	Ges-Peg. [dB(A)]	Tageszeit IRW [dB(A)]	Ruhezeit IRW [dB(A)]	Nachtzeit IRW [dB(A)]
Winklerstraße 22 OG1	4594335,7	5644252,7	387,47	38,3	70	65	55
Winklerstraße 22 OG2	4594335,7	5644252,7	390,47	39,5	70	65	55
Winklerstraße 20 OG1	4594394,29	5644226,42	387,45	44,7	70	65	55
Winklerstraße 20 OG2	4594394,29	5644226,42	390,45	46,3	70	65	55
Ledeburstraße 6 OG1	4594317,78	5643896,68	393,6	41,8	70	65	55
Ledeburstraße 6 OG2	4594317,78	5643896,68	397,2	44,3	70	65	55
Leipziger Str.17 OG1	4594219,8	5643949,97	398,36	37,6	70	65	55
Leipziger Str.17 OG2	4594219,8	5643949,97	401,86	40,9	70	65	55
Leipziger Str.18 OG1	4594272,79	5643928,62	396,43	41,7	70	65	55
Leipziger Str.18 OG2	4594272,79	5643928,62	399,93	44,8	70	65	55
Weisbachstraße 11 OG1	4594058,79	5643891,73	403,24	33,1	70	65	55
Weisbachstraße 11 OG2	4594058,79	5643891,73	406,74	35,2	70	65	55
Hornmühlenweg 7 OG1	4594486,37	5644215,36	385,03	41,6	70	65	55
Hornmühlenweg 7 OG2	4594486,37	5644215,36	388,53	43	70	65	55
Merbachstraße 7 OG1	4593867,93	5643930,38	405,3	28,5	70	65	55
Merbachstraße 7 OG3	4593867,93	5643930,38	412,3	32,4	70	65	55
Münzbachtal 24 OG1	4594712,48	5644110,84	381,39	40,8	70	65	55
Münzbachtal 24 OG2	4594712,48	5644110,84	384,89	42,3	70	65	55
Münzbachtal 26 OG1	4594709,4	5644131,24	380,51	38,3	70	65	55
Münzbachtal 26 OG2	4594709,4	5644131,24	383,51	41,1	70	65	55
Agricolastraße 5 OG1	4594184,02	5644173,99	392,19	36,8	70	65	55
Agricolastraße 5 OG2	4594184,02	5644173,99	396,19	38,9	70	65	55
Winklerstraße 12 OG2	4594509,02	5644073,2	390,95	54,9	70	65	55

Anlage 2: Spektren des L_{eq} zu den Veranstaltungen

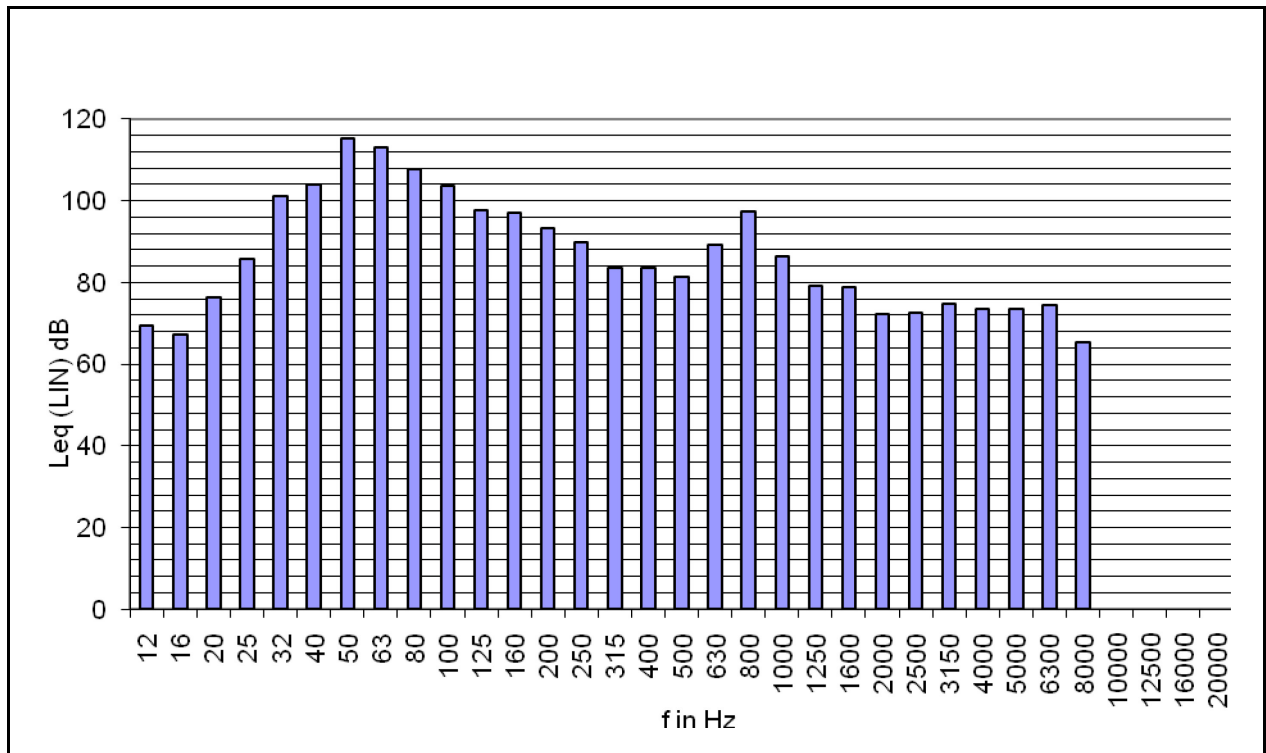


Diagramm 1: Spektrum des äquivalenten Dauerschallpegels 3 m vor der Bühne am 13.05.09

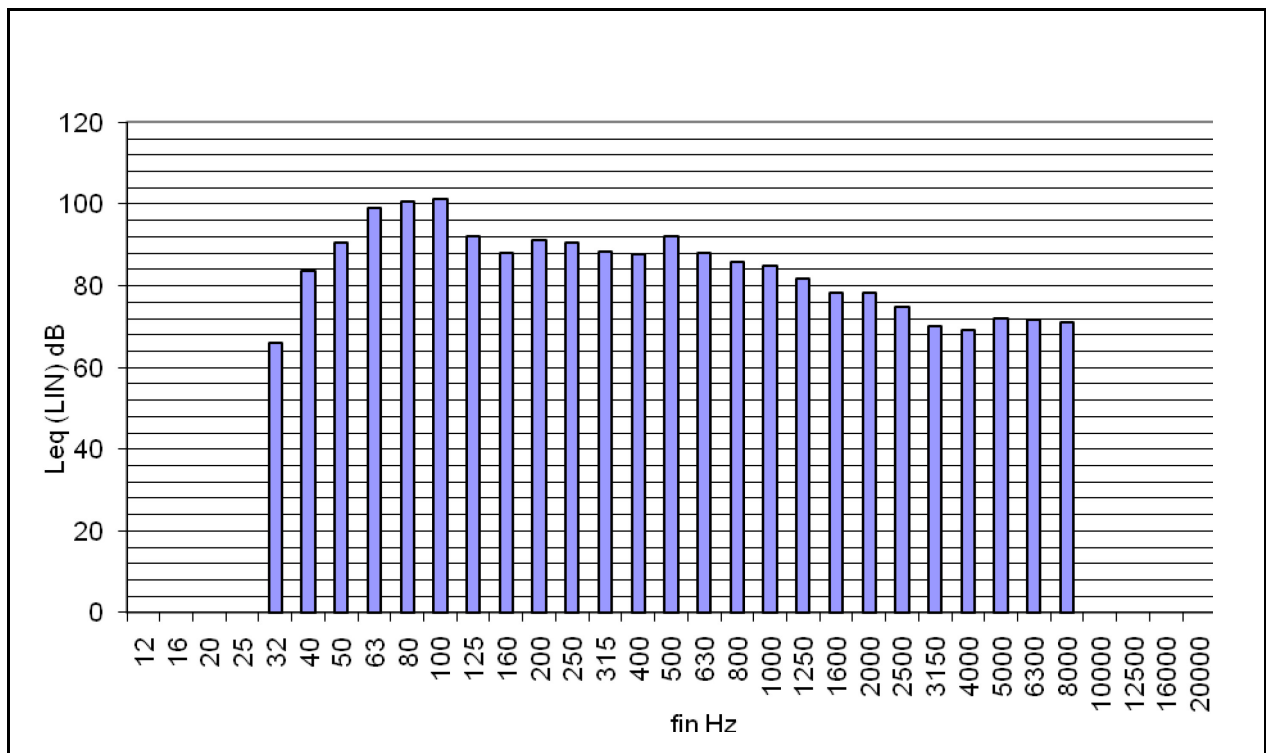


Diagramm 2: Spektrum des äquivalenten Dauerschallpegels 30 m vor der Bühne am 13.05.09

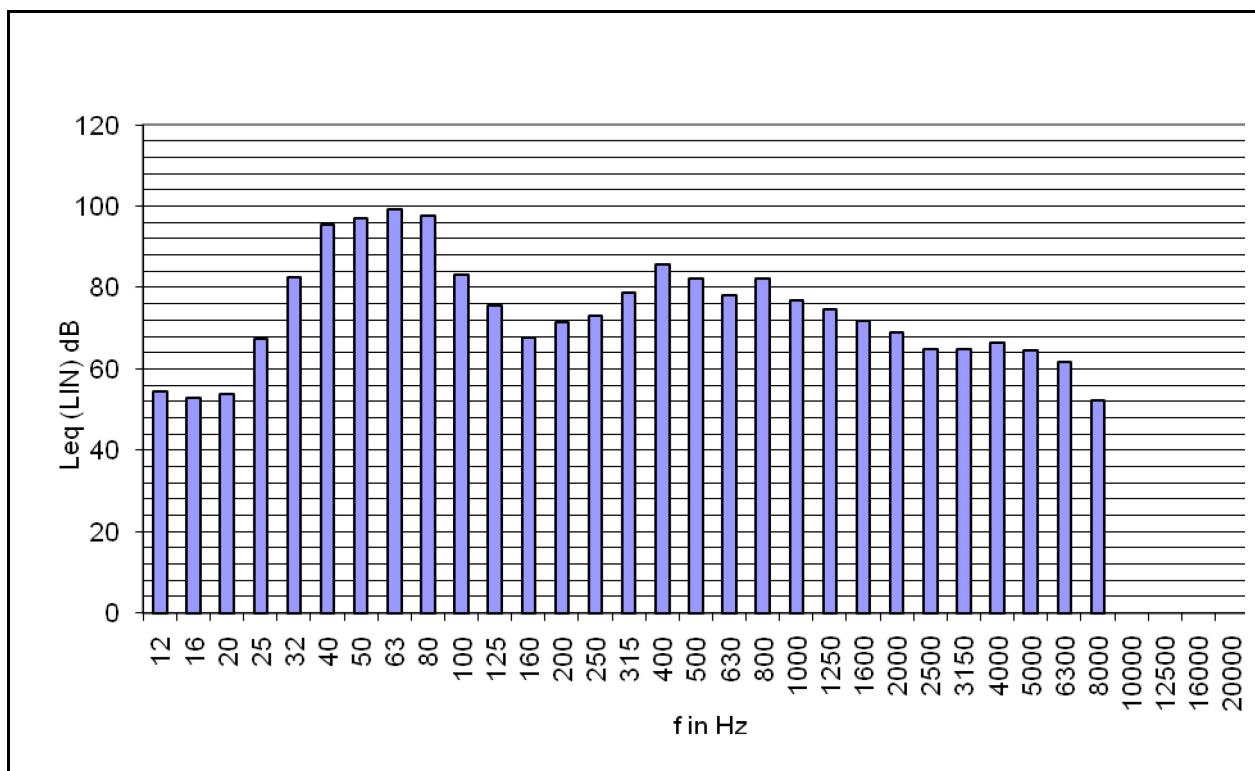


Diagramm 3: Spektrum des äquivalenten Dauerschallpegels 70 m vor der Bühne am 13.05.09

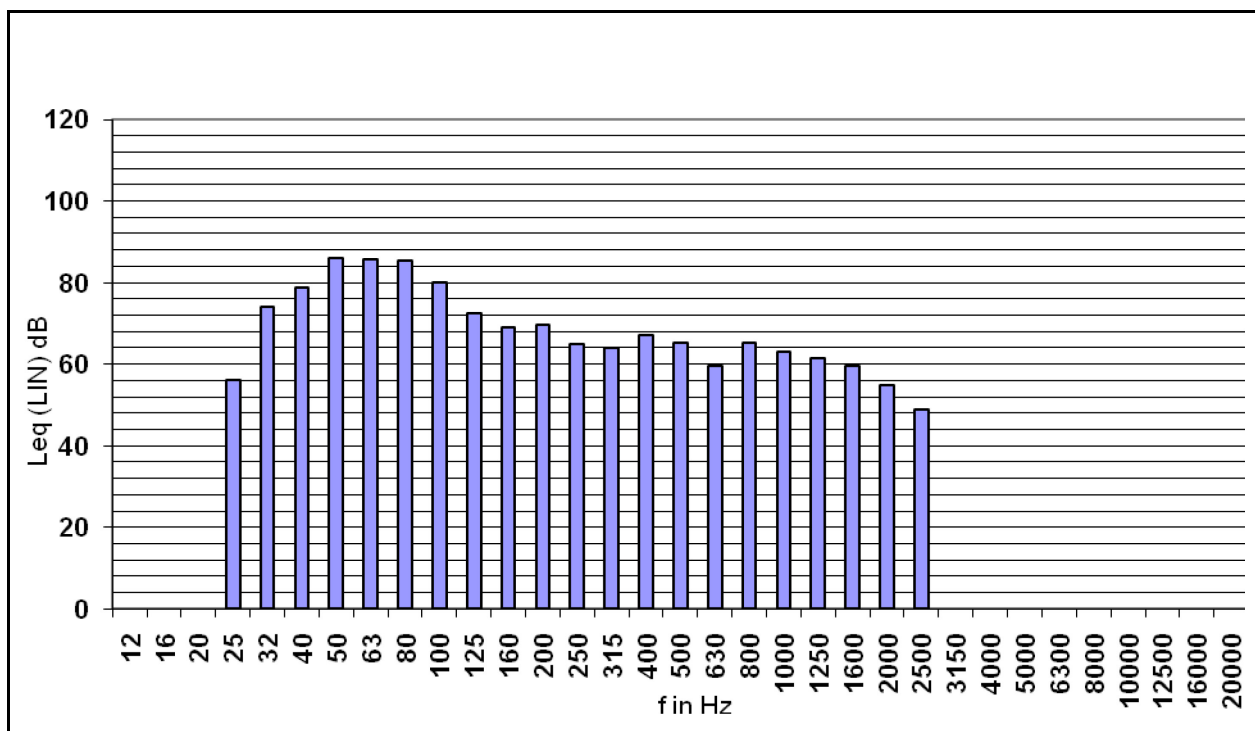


Diagramm 4: Spektrum des äquivalenten Dauerschallpegels Agricolastraße 5 am 13.05.09

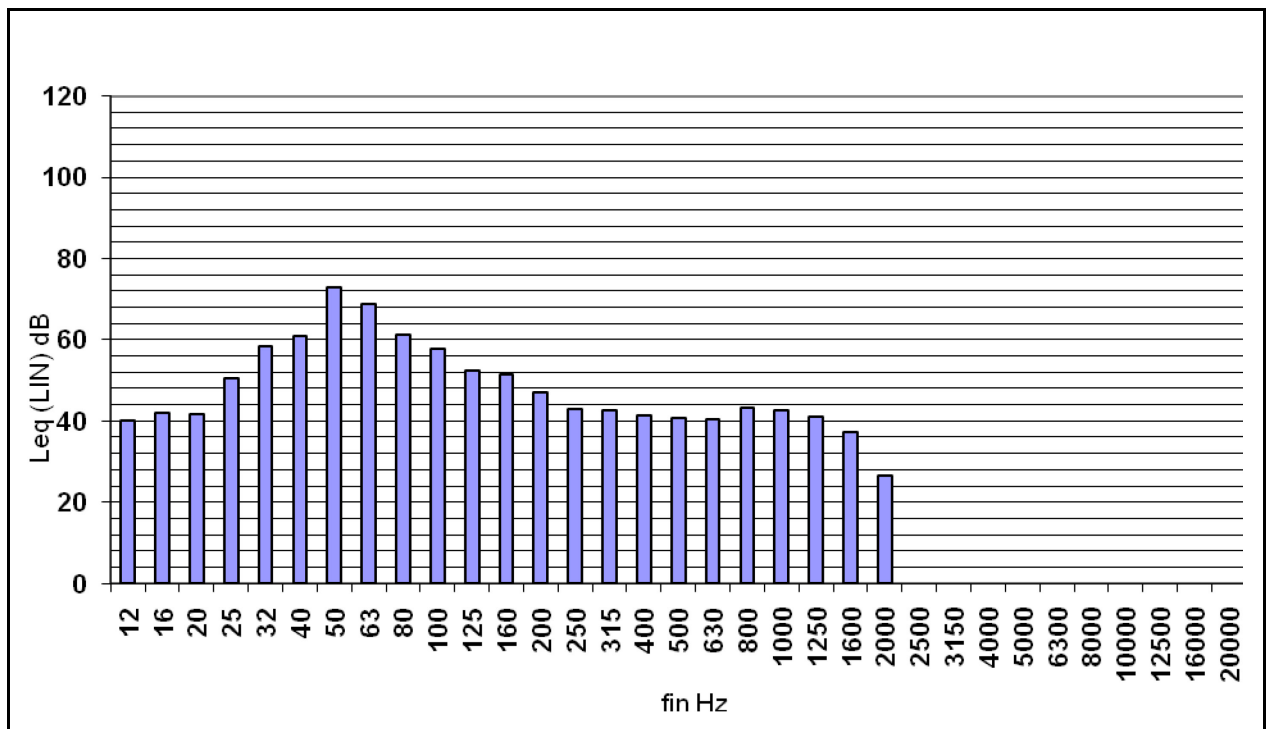


Diagramm 5: Spektrum des äquivalenten Dauerschallpegels am IP Hornmühlenweg am 13.05.09

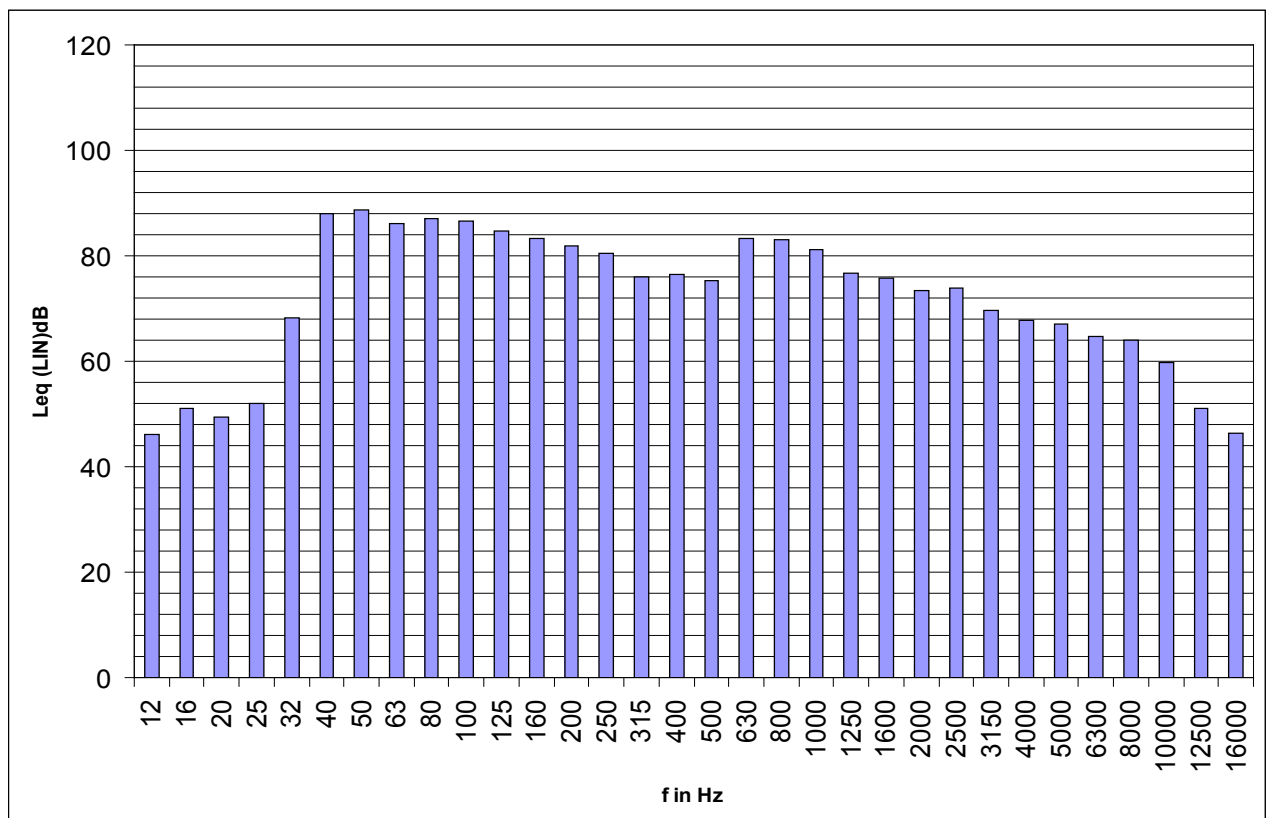


Diagramm 7: Spektrum des äquivalenten Dauerschallpegels 20m vor der Bühne im Schloss Freudenstein am 05.06.09

Anlage 3: dominant laute Fahrgeschäfte zum Rummel



Abbildung 15: dominant lautes Fahrgeschäft zum Rummel am 26.06.09



Abbildung 16: dominant lautes Fahrgeschäft zum Rummel am 26.06.09

Literaturverzeichnis

- /1/ Ederer, H.-J.; Roy, A.; Schmitt, R.; Ermisch, V.: Sächsische Freizeitlärmstudie; [Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Landesamt für Umwelt und Geologie], 2006
- /2/ Musterverwaltungsvorschrift zur Ermittlung, Beurteilung und Verminderung von Geräuschemissionen, Anhang B, Freizeitlärmrichtlinie, Mai 1995
- /3/ Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes Immissionsschutzgesetz: „Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm“, August 1998
- /4/ Brauer, Heinz: Bd. 1. Emissionen und ihre Wirkungen. – Berlin: Springer, 1996
- /5/ Heckl, Manfred; Müller, Helmut A. (Hrsg.): Taschenbuch der Technischen Akustik. - 2.Aufl. – Berlin: Springer-Verlag, 1995
- /6/ Bohny, Hans-Michael...: Lärmschutz in der Praxis. – München: R. Oldenbourg ,1986
- /7/ Henn, Hermann; Sinambari, Gholam Reza; Fallen, Manfred: Ingenieurakustik. – 3. Durchgesehene Auflage. – Braunschweig: Vieweg, 2001
- /8/ Sachverständigenbüro Dr. Degenkolb: „Untersuchungen zur Prognose der Lärmemissionen großer musikalischer Freiluftveranstaltungen und zu Maßnahmen zur Minderung der von ihnen ausgehenden Lärmbelastungen“, Bericht SDL-00305001, April 2006

Internetquellen

- /9/ Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie. <poststelle@lung.mv regierung.de>; Musikalische Freiluftveranstaltungen. URL:<http://www.lung.mv regierung.de/insite/cms/umwelt/laerm/laerm_freiluft.htm>, verfügbar am 19.06.2009

- /10/ Calenberg Ingenieure planmäßig elastisch lagern GmbH. <info@calenberg-ingenieure.de>: Cisilent - Die biegeeweiche Lärmschutzwand. URL: <<http://www.calenberg-ingenieure.de/>>, verfügbar am 22.06.09
- /11/ Stadtmarketing Freiberg GmbH. <info-freiberg@service.de>: Der Messeplatz der Stadt Freiberg. URL: <http://www.freiberg.de/acaws/dezernat_ii_c.nsf/docname/Webseite_89400B02D0C988A3C1256B4C002BE14F?OpenDocument>, verfügbar am 26.06.09
- /12/ Huppertz, H.. <info@tentfox.com>: Neue Zirkuszelt. URL: <<http://www.tentfox.com/zirkuszelt.html>>, verfügbar am 30.06.09
- /13/ Rothfuss, Thomas. <info@rothfuss.de>: Rothfuss Gabionen. URL: <www.rothfuss.de>, verfügbar am 10.07.09

DIN-Normen

- /14/ VDI 2720-1 Schallschutz durch Abschirmung im Freien, März 1997
- /15/ DIN 45641 Mittelung von Schallpegeln, Juni 1990
- /16/ DIN 45645-1 Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen, Juli 1996
- /17/ DIN ISO 9613-2 Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien, Oktober 1999
- /18/ DIN IEC 651 Schallpegelmesser, Dezember 1981
- /19/ DIN 15905-5 Veranstaltungstechnik – Tontechnik, Teil 5: Maßnahmen zum Vermeiden einer Gehörgefährdung des Publikums durch hohe Schallemissionen elektroakustischer Beschallungstechnik, November 2007

Digitale Daten

- /20/ digitale Topographische Karte im PCX-Format, Landesvermessungsamt Sachsen
- /21/ digitale Stadtkarte im DXF-Format, Hochbau- und Liegenschaftsamt Freiberg
- /22/ Satellitenbild, Softwareprogramm Google Earth Pro Version 4.2

Selbständigkeitserklärung

Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Mittweida, 29.07.2009

Falk Schwenzer